



Norges miljø- og
biovitenskapelige
universitet

Masteroppgave 2016 30 stp
Institutt for kjemi, bioteknologi og matvitenskap

Malting av norskdyrket bygg

Malting of Barley Cultivated in Norway

Even Skilbrigt
Matvitenskap

Forord

Denne oppgaven ble utført ved Institutt for kjemi, bioteknologi og matvitenskap, Norges miljø- og biovitenskapelige universitet (NMBU), våren 2016.

Med dette vil jeg først og fremst gi en stor takk til førsteamanuensis og hovedveileder, Trude Wicklund, og seniorrådgiver og medveileder, Elisabeth Fjærvoll Olsen, ved NMBU.

Jeg vil også rette en stor takk til NIBIO ved forsker, Mauritz Åssveen, som har gjort denne oppgaven mulig ved å bidra med kornprøver, samt god hjelp underveis.

Til slutt vil jeg takke de ansatte på laboratoriet ved Institutt for kjemi, bioteknologi og matvitenskap for hjelp med analyser og for et hyggelig arbeidsmiljø.

Ås, mai 2016

Even Skilbrigt

Sammendrag

De senere år har det vært en økende interesse for matspesialiteter i Norge, og det har blitt etablert flere og flere mikrobryggerier. Øl med lokal tilknytning, historie og smak er interessant for mikrobryggeriene, som derfor må ha råstoff med de samme karaktertrekkene. Formålet med oppgaven var å kartlegge om norskdyrket bygg kan benyttes til malting. Til å kartlegge kvaliteten på kornet og det produserte maltet ble det benyttet analysemetoder etter EBC-standard. De viktigste analyseparameterne ble valgt ut. Det ble benyttet et mikromaltingsanlegg fra Custom Laboratory Products og maltingsprogrammet ble laget i samarbeid med Hugh Alexander fra samme firma. Det ble produsert Pale Ale malt. Statistiske data ble utarbeidet i dataprogrammet Minitab Express (variansanalyse og regresjon). Det ble analysert to kornsorter (Domen og Quench) fra tre år (2013, 2014, 2015).

Resultatene bar preg av store klimatiske forskjeller mellom kornårene. 2015 var et problematisk år med vanskelige værforhold og mye nedbør. De to andre årene var mer normale. Det ble observert signifikante forskjeller både mellom sortene Domen og Quench, og mellom årene 2013, 2014 og 2015. Mellom Domen og Quench var det signifikant forskjell i 5 av 15 parametere. To av de viktigste parameterne, proteininnhold i malt og ekstraktinnhold, viste signifikant forskjell mellom sortene. Domen hadde signifikant høyere innhold av protein i malt, men kun 5 av 12 prøver fra Domen, og 3 av 12 prøver fra Quench hadde ønsket proteininnhold (8,75-11,70 %). Quench hadde signifikant høyere ekstraktinnhold enn Domen, men siden alle prøvene hadde et ekstraktinnhold på minimum 82,1 %, hadde alle prøvene et ekstraktinnhold som ligger innenfor akseptabel verdi (≥ 80 %). To av de andre parameterne med signifikant forskjell var friabilitet og viskositet. På grunn av lavt vanninnhold i maltet, kan ikke resultatene for friabilitet stoles på. Quench viste signifikant bedre resultater enn Domen når det gjelder viskositet, men kun seks prøver fra Quench hadde ønskelig viskositet (1,48-2,14 mPa·s). Ingen av prøvene til Domen hadde ønskelig viskositet. Ut fra resultatene og de statistiske analysene er det ingen av de to sortene som skiller seg ut, og er mer foretrukket enn den andre.

Mellom årene var det signifikant forskjell på 8 av 15 parametere. De åtte parameterne var spireevne, vanninnhold i bygg, proteininnhold i bygg og malt, farge, løselig nitrogen, umodifiserte korn og maltingstap. Spireevnen til kornet var best året 2015, hvor seks av åtte prøver hadde spireevne over 98 %. I 2013 var to av åtte prøver over 98 %, og i 2014 hadde én av åtte prøver høyere spireevne enn 98 %. Lagringstiden var forskjellig mellom årene, noe som kan ha hatt innvirkning på resultatet. Vanninnhold i bygg var høyest år 2013 og lavest i 2015. Proteininnhold i både bygg og malt viser signifikant forskjell mellom årene. Proteininnholdet var lavest i 2015, og ingen av prøvene fra 2015 hadde ønskelig proteininnhold (8,75-11,70 %). Klima og værforhold er trolig årsaken. Hele 16 av 24 maltprøver hadde et proteininnhold utenfor ønsket verdi. 15 av disse prøvene hadde lavere verdi enn lavest ønskelige proteininnhold (8,75 %). Året 2014 hadde seks av åtte prøver ønsket proteininnhold, og ble med dette det beste året for dette parametere. Det ble ikke funnet signifikant forskjell mellom gjødslingsgrad for proteininnhold, eller noen av de andre parameterne. Løselig nitrogen har sammenheng med proteininnholdet, og værforhold og klima er trolig årsaken til lavere innhold i 2015 enn årene 2013 og 2014. Alle 24 prøvene hadde derimot for høyt innhold av løselig nitrogen. Maltet hadde den svakeste fargen i 2015, men fargen var tilfredsstillende for syv av åtte prøver innenfor den ønskede verdien (4,5-6,5 EBC). Kun én prøve i 2013, og én prøve i 2014 hadde ønskelig farge. Maltingstapet var for høyt alle årene (> 12 %), men lavest i 2015. Ingen av prøvene hadde akseptabel (0 %) andel umodifiserte korn. På grunn av lavt vanninnhold i maltet, kan ikke resultatene for umodifiserte korn stoles på. Ekstraktinnhold og proteininnhold i byggsorten Domen var tilfredsstillende i 2013. Proteininnhold i bygg og malt, og ekstraktinnhold var tilfredsstillende i 2014. Videre var spireevne, farge og ekstraktinnhold tilfredsstillende i 2015. Alle årene hadde noen parametere som var bedre enn andre, men ingen av årene skilte seg ut med flere gode resultater.

Abstract

In recent years there has been an increased interest in food specialties in Norway, and many new microbreweries has been established. Beer with local ties, history and taste, are of great interest for microbreweries that therefore need raw materials with equivalent characteristics. The aim of study was to determine whether Norwegian cultivated barley can be used for malting. To survey the quality of cereals and the produced malt, analytical methods by EBC standard was used. The most important analysis were selected.

Micromaltings from Custom Laboratory Products was used, and a malting program was created in collaboration with Hugh Alexander from the same company. Pale Ale malt was produced. For statistical analysis, Minitab Express (ANOVA and regression) was used. The barley varieties Domen and Quench, from the years 2013, 2014 and 2015 was included in this experiment.

Differences based on large variation in climatically conditions between the three years was found. 2015 was a difficult year with difficult weather conditions, heavy precipitation. The other two years were more normal. Significant differences between both cultivars Domen and Quench, and between the years 2013, 2014 and 2015 were observed. Between Domen and Quench there was significant difference in 5 of 15 parameters. Two of the key parameters, protein content in malt and extract yield, showed no significant difference between cultivars. Domen had significantly higher protein content in malt compared to Quench. In 5 out of 12 samples of Domen and 3 out of 12 samples of Quench expected protein content was found (8,75-11,70 %). Quench had significantly higher extract yield than Domen, but they were all above 82,1 %, which is acceptable for malt quality (≥ 80 %). Two of the other parameters with significant difference was friability and viscosity. Because of low water content in malt, friability results is not very reliable. Quench showed significantly better results than Domen regarding to viscosity, but only six samples of Quench had desired viscosity (1,48-2,14 mPa·s). None of the samples of Domen had desired viscosity. Based on the results and the statistical analysis, one variety can not be preferred over the other.

Between the years there were significant differences in 8 out of 15 parameters. The eight parameters were germination, water content in barley, protein content in barley and malt,

colour, soluble nitrogen, unmodified grain and malting losses. Germination was best in 2015, where 6 of 8 samples had germination index above 98 %. In 2013, two of the eight samples were above 98 %, and in 2014 had one of eight samples were higher germination rate than 98 %. Since the storage time was different between years, it may have affected the result. Water content in barley was highest in year 2013 and lowest in 2015. Protein content in both barley and malt shows significant differences between years. The protein content was lowest in 2015 and none of the samples from 2015 had desired protein content. Climate and weather conditions are likely to be the cause. A total of 16 of 24 malt samples had a protein content outside the desired value. Fifteen of these samples had a lower value than the lowest desirable protein content (8.75 %). The year 2014 was the best year with six out of eight samples with the desired protein content. There were no significant difference between fertilization rate for protein content nor any of the other parameters. Soluble nitrogen is correlated to the protein content, and weather and climate is probably the reason for lower levels in 2015 than in the years 2013 and 2014. However, all the samples, all the years, was too high in content of soluble nitrogen. Malt had the weakest colour in 2015, but the colour was very good with seven out of eight samples and were within the required value (4,5-6,5 EBC). Only one sample in 2013, and one sample in 2014 had acceptable colour. Malting losses was too high (> 12 %) all years, but was lowest in 2015. None of the samples had acceptable (0 %) proportion of unmodified grain. Due to the low water content in malt, unmodified grain results is not very reliable. Extract yield and protein content in Domen was good in 2013. Protein content in barley and malt and extract yield was good in 2014. Germination, colour and extract yield was good in 2015. All the three years had some parameters that were better than the others were, but none of the years stands out with several good results.

Innholdsfortegnelse

1.0 Innledning	1
2.0 Teori	3
2.1 Bygg	3
2.1.1 Domen	6
2.1.2 Quench	7
2.2 Malt	7
2.2.1 Pale Ale malt	8
2.2.2 Støpning	9
2.2.3 Spiring	10
2.2.4 Kjølling	12
2.2.5 Lagring	14
2.3 Proteininnhold i bygg og malt	15
2.4 Mesking	16
3.0 Materialer og metoder	19
3.1 Forsøksplaner 2013, 2014 og 2015	21
3.2 Fysiske analyser	23
3.2.1 Spireevne bygg	23
3.2.2 Vanninnhold i bygg og malt	24
3.2.3 Proteininnhold i bygg og malt	25
3.2.4 Friabilimeter	26
3.3 Analyse av vørter	27
3.3.1 Kongressmesk	27
3.3.1.1 Filtrering	28
3.3.2 Farge	28
3.3.3 Viskositet	29
3.3.4 Løselig nitrogen	29
3.4 Maltningstap	30
3.5 Støpning- og spireanlegg og kjølle	31
3.5.1 Støpning- og spireprogram	32
3.5.2 Kjølleprogram	34
4.0 Resultater	35
4.1 Klimastatistikk	35
4.2 Oversikt over prøvenummer, år, gjødslingsgrad og sort	37
4.3 Analyser bygg	38
4.3.1 Spireevne, vanninnhold og protein	38
4.4 Analyser malt	39
4.4.1 Vanninnhold, protein, løselig nitrogen og LNF	39
4.4.2 Maltningstap, viskositet, farge og ekstraktinnhold	40
4.4.3 Friabilitet og umodifiserte korn	41
4.4.4 Filtrering og forsukringstid	41
4.6 Statistiske data	42
4.6.1 Variansanalyse	42
4.6.1.1 Enveis variansanalyse	42
4.6.1.2 Samhandlingsplot	44
4.6.2 Regresjon	45
5.0 Diskusjon	47
5.1 Klimastatistikk	47
5.2 Sådato og høstedata	47

5.3 Spireevne bygg	47
5.4 Vanninnhold bygg og malt.....	48
5.5 Proteininnhold bygg og malt.....	48
5.6 Løselig nitrogen.....	49
5.7 Prosentandel løselig nitrogen av total nitrogen (LNF)	50
5.8 Friabilitet.....	50
5.9 Umodifiserte korn	51
5.10 Farge	52
5.11 Viskositet.....	52
5.12 Målingstap.....	52
5.13 Meskebad.....	53
5.13.1 Ekstraktinnhold.....	53
5.13.2 Forsukringstid og filtrering	53
5.14 Gjødslingsgrad	54
5.15 Støpning- og spireprogram	54
5.16 Kjølleprogram	54
6.0 Konklusjon.....	57
7.0 Forskning og videre arbeid.....	59
8.0 Referanser	61
Vedlegg 1: Tabell for omregning fra Brix til Plato.....

1.0 Innledning

Denne masteroppgaven er basert på et samarbeid med Bioforsk Øst (nå NIBIO (Norsk institutt for bioøkonomi), som ble opprettet 1. juli 2015 som en fusjon av Bioforsk, Norsk institutt for landbruksøkonomisk forskning (NILF), og Norsk institutt for skog og landskap) på Apelsvoll. Bioforsk Øst startet opp prosjektet "Norsk malt, humle og urter – smaken av norsk øl" i 2013 hvor det overordnede målet var å samle gammel og ny kunnskap om råvarer for produksjon av norsk øl. *"Innen prosjektet fokuseres det på kunnskap om norske råvarer og gamle og nye kornsorter for malting, samt norske sorter av humle og ville og dyrkede urter og deres egenskaper. Prosjektet vil også bidra til økt viten om malting og legge til rette for etablering av norsk malterivirksomhet. Prosjektet vil skape en vitenbasis på de omtalte områder som vil være tilgjengelig for alle interesser i bryggerinæringen samt danne basis for dyrking av norsk maltbygg, norsk humle og urter"* (Bioforsk u.å.). Kornprøver fra dette prosjektet ble benyttet til maltingsforsøk på NMBU, Ås, med påfølgende analyser. De senere år har det vært en økende interesse for matspesialiteter i Norge, og det har blitt etablert flere og flere mikrobryggerier. Øl med lokal tilknytning, historie og smak, er interessant for mikrobryggeriene, som derfor må ha råstoff med de samme karaktertrekkene (Bioforsk 2012). Det ble valgt ut to byggsorter til forsøket, Domen og Quench. Domen er en norsk, halvtidlig 2-radssort fra Møystad og ble godkjent i 1952. Domen har tidligere blitt brukt til malting og i 1960 ble det konstatert av Bjaanes at Domen hadde "usedvanlig gode maltingsegenskaper". Quench er en sen 2-radssort, som er utviklet i Storbritannia og er ikke prøvd i norsk verdiprøving. Sorten blir mye brukt til malting i andre land, og er kjent for å ha gode maltingsegenskaper (Sundgren et al. u.å.).

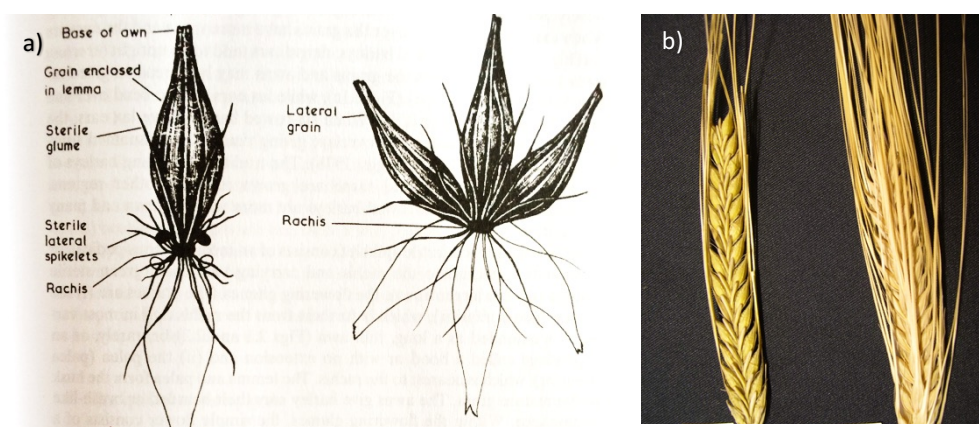
Formålet med oppgaven var å kartlegge om norskdyrket bygg kunne benyttes til malting. Etter at det ble slutt på malting i Norge på 1980-tallet (med unntak av noen miljøer i Trøndelag og på Vestlandet), er også kunnskap om malting i ferd med å forsvinne fra Norge. Siden Domen er en norsk sort som tidligere har blitt brukt til malting, var det interessant å sammenligne den opp mot Quench som er mye brukt til malting i mange europeiske land, og er kjent for å ha gode maltingsegenskaper (Sundgren et al. u.å.). Til å kartlegge kvaliteten på kornet, og det produserte maltet, ble det benyttet analysemetoder etter EBC-standard. De viktigste analyseparameterne ble valgt ut. Det ble benyttet et mikromaltingsanlegg, fra

Custom Laboratory Products, og maltingsprogrammet ble laget i samarbeid med Hugh Alexander fra samme firma. Det ble produsert Pale Ale malt. I dette forsøket ble det benyttet kornprøver fra tre år; 2013, 2014 og 2015.

2.0 Teori

2.1 Bygg

Korn er fruktene av monocotyledonous gress i familien Gramineae. Bygg er det mest brukte kornslaget til malting (Briggs 1998). Årsaken er at bygg har skall som beskytter mot bakterier, og høyt innhold av stivelse og protein, som gir høyt utbytte. I tillegg har bygg et komplett enzymesystem, lys farge, og en nøytral smak (Briess u.å.). Hos bygg (*Hordeum vulgare* L.) er blomsterstanden et aks hvor småaksene er enblomstrete, og disse sitter i bunter på 3 og 3 på hver side av aksstilken. Dermed dannes det 6 rader med korn i akset og dette kalles 6-radsbygg. Hos noen sorter kan derimot de ytre blomstene i hver gruppe være rudimentære eller mangle. Disse sortene kalles 2-radsbygg, og de har aks med to rader av korn (fig. 1a,b). Bygg er en selvbestøver, og i Norge dyrkes det kun sommerrettårige sorter som kalles vårbygg. Bygg har kortere veksttid enn andre kornarter, og i Norge dyrkes de tidligste sortene med en veksttid på 80 dager. Det er i dag utviklet byggsorter med ulike veksttider slik at det er mulig å dyrke bygg i alle korndyktige soner i Norge. Bygg trives best ved et forholdsvis varmt, og ikke for rått værlag. På grunn av den korte veksttiden skjer planteutviklingen fra såing til blomstring raskt, og bygget gjør seg ferdig med næringsopptaket på kort tid. Tilgang til lettløselig næring i jorden er derfor viktig tidlig i vekstsesongen (Store norske leksikon 2015). Det er ønskelig med kortere og sterkere strå da de ikke bøyer seg, brekker, eller kollapser så lett. Det gjør at det blir lettere å treske kornet (Briggs 1998).



Figur 1: a) Oversikt over 2-radsbygg og 6-radsbygg sett ovenfra. 2-radsbygg til venstre med to korn, og 6-radsbygg til høyre med seks korn. b) 2-radsbygg til venstre. 6-radsbygg til høyre. (Briggs 1998, Wikipedia 2016)

Innenfor byggsortene er det store variasjoner. Ikke alle byggsorter er egnet til malting, og sortene som er egnede har variable maltingsegenskaper. Maltere må derfor evaluere forskjellene, og å være i stand til å skille mellom kornsortene. Malterne må kunne oppdage om en kornprøve er ren, eller en blanding av sorter. Dette er en vanskelig og viktig problemstilling, og operatørene har behov for god og lang trening for å ta de riktige beslutningene. Siden byggsorter har forskjellig egnethet til fremstilling av malt, vil de ulike byggsortene kunne benyttes til å fremstille ulike typer malt. Noen årsaker til at sorter ikke er egnet til malting kan være lavt ekstraktinnhold, høyt maltingstap, langsom spiring og endospermmodifisering, eller for lav produksjon av diastase enzymer. Selv genetisk akseptabelt byggmalt kan være ubrukelig på grunn av dårlig spireevne, kraftig kontaminering av sopp, høyt innhold av korn i dvaletilstand (kan forsvinne ved lang lagring), liten kornstørrelse, stor andel ødelagte korn, eller unødvendig høyt innhold av protein. Ferskt, nylig høstet korn er ofte i dvale, men denne dvalen avtar gradvis under lagring. Høyere lagringstemperatur medfører at dvaletilstanden avtar raskere. Kornet må så kjøles ned så raskt dvalen er tilstrekkelig redusert. For noen byggsorter, kan de i noen dårlige sesonger ha en svært vedvarende dvaletilstand, slik at ekstra tørr og langvarig varm lagring er nødvendig for ettermodning av kornet, og gjøre det tilpasset malting. Årsaker til at korn ikke spirer under egnede forhold, kan være på grunn av at kornet er dødt eller i dvale. Korn i dvale lever, men de er ikke i stand til å spire. For at korn skal spire må de være tilstrekkelig fuktig, ha tilførsel av oksygen, og være innenfor passende temperatur. Dvaletilstanden er sterkt påvirket av dyrkingsforholdene, og hovedfaktorene som påvirker dvaletilstand er vær og klima, som temperatur, nedbør og trolig luftfuktighet. Varmt og tørt vær fra modning til innhøsting minimerer dvale. Kjølig, fuktig og disig vær begunstiger dvale (Briggs 1998). I følge Briggs (1998) viser Domen veldig lite tegn til dvaletilstand, men noen moderne sorter som har veldig gode maltingsegenskaper kan være i dvaletilstand selv etter ett års lagring. Når kornets dvaletilstand har avtatt nok, er kornet tilstrekkelig modent, spiring kan oppstå, og kornet kan benyttes til malting (Briggs 1998).

Bygg som benyttes til malting må ha god fysisk tilstand, riktig proteininnhold og vanninnhold, størrelsen på kornene må være akseptable (> 2,2 mm), og spireevnen må være minst 98 %. Korn som høstes raskt etter en varm og tørr periode gir et korn med bedre spireevne, enn lignende korn som høstes senere på grunn av regn og høy luftfuktighet

(Briggs 1998, Briggs 2004). En studie i Kroatia undersøkte i 2002 påvirkning hermetisk lukket lagring har på spireevnen til bygg. Kornet ble lagret med vanninnhold på 13 %, i fem år, i glasskteinere, ved 20 °C. Fire prøver bygg ble undersøkt. Kornet hadde en gjennomsnittlig spireevne på 96 % før lagring. Etter fem år hadde gjennomsnittlig spireevne sunket til 81 % (Guberac et al. 2002). En undersøkelse i Russland undersøkte forandringene som oppstår under lagring av bygg. De to sortene Get´man og Priazovskii 9 ble undersøkt, og kornet ble lagret ved romtemperatur i et år. Prøvene ble analysert hver måned. Etter fem måneder hadde kornet en spireevne på 91 % og 96 %. Etter 13 måneder var spireevnen 98 % hos begge sortene (Khokonova et al. 2015).

Bygg med høyt innhold av protein inneholder større mengder enzymer, har god respirasjon, vokser kraftig, og gir malt med lavt ekstraktinnhold. Slikt bygg har endosperm som ofte er tett og hard, er treig å modifisere, og kornene har en tendens til å ta opp vann sakte under støpningen. For å oppveie for dette må de støpes til høyt fuktighetsnivå, som favoriserer enzymproduksjon og høyt maltingstap. Det totale tapet ved malting av bygg ligger vanligvis mellom 6-12 % av den opprinnelige vekten av tørket bygg med et vanninnhold på 10-15 %. I godt kontrollerte maltingsanlegg er et maltingstap på omtrent 10 % vanlig. Spesielt utvalgte byggsorter med høyt proteininnhold brukes til produksjon av enzymrike (høyt antall diastase enzymer) malttyper, hvor høyt enzyminnhold og betydelig utbytte av løselige nitrogenforbindelser er mer viktig enn høyt ekstraktinnhold. (Briggs 1998).

Så raskt som mulig etter høsting blir kornet rensert og tørket før lagring. Lagringsforholdene må være slik at kornets forringelse blir minimale. I Storbritannia lagres kornet ofte med under 12 % vanninnhold, og ved temperatur på mindre enn 15 °C. Disse betingelsene blir sett på som optimale. Dersom korn skal lagres over lengre tid (> 3 mnd.) er det viktig å lagre et sted hvor det er kaldt og tørt, med et vanninnholdet mindre enn 10 %. Respirasjon øker hurtig ved vanninnhold over 12-13 %, og ved høyere temperaturer. Lagring under slike forhold øker også risikoen for insektangrep og kornforringelse, forårsaket av manglende levedyktighet og soppvekst. Det beste maltet produseres fra korn av samme sort og med likedan proteininnhold. Lagring av slike partier krever mange små lagringseenheter som er mye mer kostbart enn store bulker (Briggs 1998).

2.1.1 Domen

Domen er norsk, halvtidlig, 2-radsbygg som stammer fra 1950-tallet, og ble foredlet frem på Møystad forsøksgård i Hedmark, som en sort spesielt egnet for Østlandet. Sorten er en krysning mellom de eldre sortene Maskin og Opal, og har tidligere blitt brukt til malting. Domen ble sluppet på markedet i 1952 og ble benyttet mye på 1950-tallet. Kjennetegn ved Domen er høy hektolitervekt og svært høy tusenkornvekt (Skog og landskap u.å. a). Flere års forsøk rundt 1950-tallet viste at Domen hadde mange viktige kvalitetsegenskaper, som høyt ekstraktutbytte og komplett fri for spiretreghet (Ljones et al. 1962). Til prosjektet "Norsk malt, humle og urter – smaken av norsk øl" ble Domen valgt på grunnlag av at nyere, norsk sortsmateriale ikke er foredlet med hensyn til maltingsegenskaper, og det ble derfor behov for å vurdere eldre sorter. Eldre sorter og mer spesielle sorter, er også spesielt interessante for mikrobryggeribransjen som ønsker spesialiteter knyttet til lokale dyrkingsforhold eller tradisjoner (Sundgren et al. u.å.). Domen skal være svært god som malkorn under forutsetning av god berging (Skog og landskap u.å. b), og Ljones et al. (1962) fant ut at Domen hadde fremragende maltbyggkvalitet. Domen ble ikke foredlet frem med hensyn til malting, men ved prøvemalting av sorten viste den gode maltingsegenskaper (Personlig meddelelse Mauritz Åssveen 2016). I figur 2 vises bilde av Domen til venstre.



Figur 2: Figuren viser Domen til venstre og Quench til høyre (Agropub u.å., Isterra u.å.).

2.1.2 Quench

Quench er en sen 2-radssort, som er utviklet i Storbritannia. Sorten er ikke prøvd i norsk verdiprøving*, men blir mye brukt til malting i andre land, og er kjent for å ha gode maltingsegenskaper (Sundgren et al. u.å.). Quench har høyt utbyttepotensial, forholdsvis korte strå, men er noe utsatt for at stråene brekker. Sorten har liten kornstørrelse i forhold til andre sorter, men god motstand mot mugg (Department of Agriculture, Food and the Marine u.å.). I 2009 vant Quench NIAB Cereals Cup for sine feltegenskaper og gode maltingskvaliteter i Storbritannia. I tillegg har Quench vist gode resultater i de europeiske landene Tyskland, Irland, Spania, Danmark, Nederland, Østerrike, Sverige, Polen og Ungarn (NIAB 2009). I inneværende sesong dyrker Viking Malt Quench i Sverige. Quench utgjør 14 % av avlingen (Viking Malt 2016a). Til høyre i figur 2 vises bilde av Quench.

* Verdiprøving av kornsorter er en forvaltningsoppgave som utføres på oppdrag fra, og etter retningslinjer gitt av Mattilsynet. Ved verdiprøving foregår det sortsprøving, hvor nytt sortsmateriale prøves ut sammen med allerede godkjente markedssorter. Formålet med verdiprøving er å få resultater som er sikre nok til å kunne godkjenne nye sorter på en offisiell norsk sortliste. Etter tre års prøving kan en sort godkjennes for opptak (Bioforsk 2014).

2.2 Malt

Malt benyttes i hele verden til produksjon av mat og drikke. Råstoffet som benyttes til maltproduksjon er vanligvis bygg, men flere andre kornarter som hvete, havre og rug brukes også (Briggs 1998). Malt regnes som hovedingrediensen til ølbrygging. Malt inneholder karbohydrater og sukker som er viktig under gjæringen, samtidig som det tilfører ølet farge og smak. Malt deles vanligvis inn i to kategorier, standardmalt og spesialmalt. Standardmalt inneholder høy andel enzymer, karbohydrater og sukker. Spesialmalt tilsettes som regel i mindre mengder enn standardmalt, og gir ølet ekstra farge og smak, eller en særegenhet (Briess u.å.). I Norge produseres bygg i hovedsak som råstoff til produksjon av fôr. Årsaken til at bygg ikke benyttes til maltproduksjon i Norge er vansker med å få tilstrekkelig, ensartede partier på grunn av klimaet (snl 2015). Produksjon av bygg med god maltkvalitet trenger bedre oppfølging, og er mer krevende, enn produksjon av bygg til dyrefôr. Bygg av god maltkvalitet kan ikke være kontaminert av, eller blandet med andre sorter. Det må kun

benyttes lovlig insektmidler, plantevernmidler og soppmidler, og kornet må ha minimalt med fysiske skader, samt være fullt levedyktig (Briggs 1998).

Forskjellige bryggerier gir samme navn til helt forskjellige malttyper. For eksempel har forskjellen mellom britisk Pale Ale malt og Lagermalt blitt utydelige. I Tyskland defineres Pale Ale og de mørkeste malttypene som Lagermalt. Den lyseste malttypen i Europa er Pilsnermalt. Pilsnermalt lages av bygg med middels proteininnhold, og har høy modifiseringsgrad. Typiske spesifikasjoner for Pilsnermalt er ekstraktinnhold på minimum 81 %, proteininnhold 10,5 %, LNF* 38-42 %, vanninnhold maks 4,5 %, forsukringstid 10-15 minutter, og farge 2,5-3,4 EBC enheter. Vanlige spesifikasjoner for Lagermalt er 9,7-10,9 % proteininnhold, 0,5-0,7 % løselig nitrogen, LNF 31-41 %, vanninnhold maks 4,5 %, farge 3 EBC enheter, og forsukringstid på maks 15 minutter. På grunn av lav herdingstemperatur (ca. 70 °C) er Lagermalt rik på enzymer, og gir noen ganger høyere ekstraktinnhold enn Pale Ale malt. Vanlig herdingstemperatur for Pale Ale malt er 95-105 °C, som gir mindre enzymaktivitet. Andre spesifikasjoner for Pale Ale malt er vanninnhold på maks 3 %, proteininnhold maks 10,6 %, løselig nitrogen 0,5-0,7 %, LNF 31-42 %, farge 4-6 EBC enheter, og høy friabilitet. Mild Ale malt produseres vanligvis fra bygg med lavere kvalitet, og er noe mindre modifisert. Mild Ale har en sterkere farge enn Pale Ale malt. Vanninnhold 3,5 %, proteininnhold 9,7-10,9 %, løselig nitrogen 0,6-0,7 %, LNF 36-40 %, og farge 6-9 EBC enheter, er vanlige spesifikasjoner for Mild Ale malt (Briggs et al. 2004).

*Prosentandel løselig nitrogen, av total nitrogen. Oversatt fra SNR (soluble nitrogen ratio), som benyttes i internasjonal sammenheng.

Maltingen deles vanligvis inn i tre hoveddeler; støpning, spiring og kjølling (Briggs 1998).

2.2.1 Pale Ale malt

Pale Ale malt benyttes vanligvis til produksjon av fatøl, men kan benyttes til alle typer øl (Briggs 1998, Viking Malt 2016b). Ølsorten Pale Ale er en del av en større samling ølsorter som kalles Ale. Ale er en tradisjonell måte å brygge på, og som benytter overgjær og høyere bryggetemperaturer. Ale er fylt med en fruktig aromasmak (Patterson et al. 2014). Til produksjon av Pale Ale malt benyttes det 2-radsbygg med lavt proteininnhold (ca. 9,38-10,30

%). Pale Ale kjennetegnes ved svak farge, høyt ekstraktinnhold og forholdsvis høy grad av modifisering (Briggs 1998).

2.2.2 Støpning

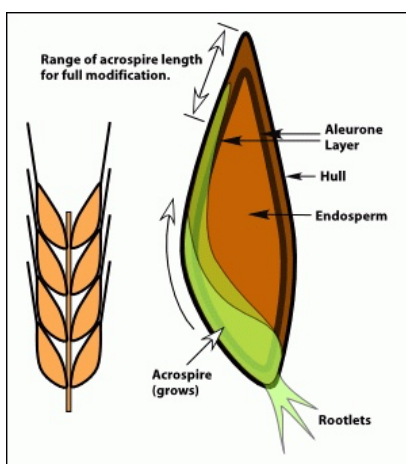
Første hoveddel i maltingsprosessen er støpning. Ved støpning legges kornet i bløtt, og kornet suger til seg vann, til det har et vanninnhold på omtrent 42-48 %. Det er ønskelig å oppnå det ønskede fuktighetsnivået så nøyaktig som mulig. Ved mindre enn 32 % fuktighet vil ikke bygg spire, men ved 34-37 % fuktighet vil kornet spire raskt, selv om det er vannsensitivt. Dette er grunnen til at fuktighetsnivået er formålet, før man begynner med lufthvile i støpningen. 34-37 % er derimot et for lavt fuktighetsinnhold for å muliggjøre tilstrekkelig endospermmodifikasjon, derfor må kornet fuktes mer senere i prosessen. Mykt bygg, med lavt proteininnhold (ca. 8,75 %), kan støpes til 42-43 % fuktighet. Hardere, mer spiretreige korn, med høyere proteininnhold, kan bli støpt og bløtlagt til de har et fuktighetsinnhold så høyt som 46-48 %. Vanligvis kan kun så høye fuktighetsinnhold oppnås dersom bløtlegging fortsetter etter at kornene har spiret. I spesielle tilfeller, som for eksempel omstøpning, hvor det er ønskelig med dreping av spirer og redusere maltingstapet, kan det oppnås fuktighetsinnhold over 50 % (Briggs 1998).

Når fuktighetsinnholdet øker, øker også kornets metabolske grad som utvikler etanol og frigjør karbondioksid. Disse forandringene påvirkes av støpningsluften og lufthvile. Det benyttes vanligvis en temperatur på 16-18 °C for å få et raskere vannopptak. Spesielt ved høyere temperaturer vil vannsensitiviteten bli indusert, og kornet vil spire ujevnt. Maltet kan bli uhomogent, og få forskjellige karakteristikk sammenlignet med malt laget av samme byggsort, men ved lavere temperaturer. Stabil temperatur gir malt med innhold av flere enzymer, enn korn som utsettes for høyere temperatur. I løpet av støpningsprosessen skiftes støpningsvannet flere ganger for å ha mest mulig rent vann, og for å holde kornet friskt. Luft blåses gjennom korn-vann-blandingen, og når vannet dreneres, suges det luft nedover gjennom kornet. I løpet av støpningen sveller og mykner kornet opp samtidig som levende vev gjenopptar sin metabolisme. Kornene øker sitt volum med omtrent $\frac{1}{4}$, hvor både dybde og bredde blir større, men lengden endres ikke. Overflatelagene til kornet blir raskt fuktig, men indre del av kornet blir ikke tilstrekkelig fuktig før etter to til tre dager med

støpning. Når kornet inneholder ønsket vanninnhold, dreneres vannet, og spireprosessen starter (Briggs 1998).

2.2.3 Spiring

Når kornet spirer, roteres kornblandingen jevnlig. Dette gjøres for å hindre at spirene floker seg sammen, og for å kontrollere temperaturen. Det første synlige tegnet til spiring, er rotspiren som kommer ut i ene enden av kornet. Rotspiren deler seg i én, til ti spirer. Samtidig vokser bladspiren under skallet, og kommer etterhvert ut i den andre enden av kornet. På dette stadiet kalles kornet grønmalt. Vekst av bladspiren kan grovt sammenlignes med modifisering av maltet. Dersom bladspiren har vokst ut av kornet, regnes kornene som overgrodde, og er uønskede i de fleste malttyper. Årsaken er at de har mangelfullt ekstraktinnhold. Derfor er det ønskelig med <5 % overgrodde korn, og 86-95 % korn, hvor bladspiren har vokst mellom $\frac{3}{4}$ og hele kornets lengde. Figur 3 viser hvor langt bladspiren (acrospire) vokser ved høy grad av modifisering. Som figuren viser, har bladspiren vokst omtrent $\frac{3}{4}$ av kornets lengde. Nederste del av kornet er spirer (rootlets), som vokser ut av kornet. Pilene viser endosperm, aleuronlag, og hull, som er det ytterste laget til kornet. (Briggs et al. 2004).



Figur 3: Ovenfor vises en oversikt over spiregrad til et byggkorn (How to Brew u.å.).

Temperaturen i kornet kontrolleres ved å føre en luftstrøm ved en bestemt temperatur, gjennom kornblandingen. Effekten av temperatur under spiring og malting har blitt grundig studert. Ved lave temperaturer, nær frysepunktet, vokser ikke kornet i tilstrekkelig grad til at

det er brukelig til malting. Ettersom temperaturen øker starter spiringen raskere, og metabolismen i kornet øker med temperaturen. Til slutt blir temperaturen så høy at det blir skadelig for kornet. Spiringen blir da treigere, eller kornet dør. Spiring ved for høy temperatur kan føre til ujevn spiring, og metabolske prosesser i kornet akselerer ikke i samme grad. Grønsmalt som vokser ved høy temperatur har en tendens til å bli uhomogent, og har andre karakteristikk sammenlignet med malt laget av samme byggsort, ved lavere temperaturer. Det er derfor ikke mulig å produsere likedan malt på kortere tid.

Hvilende korn spirer best ved 12-13 °C, markant mindre ved 18-20 °C, og mye mindre ved høyere temperaturer. Derfor er den maksimale temperaturen hvor korn vokser raskere, og jevnt, avhengig av dets grad av modenhet. Med modenhet menes grad av hvile som fortsatt er tilstede. Prøver med fullmodent korn, som er støpt jevnt, og deretter spiret ved forskjellige temperaturer (12-25 °C), viser at korn som holdes ved høyere temperaturer vokser raskere, produserer spirer raskere, og produserer mange enzymer raskere. Graden av dannelse av noen enzymer, som α -amylase og protease, blir mindre ved høyere temperaturer. Korn som spirer ved en lavere temperatur produserer enzymer i et lavere tempo, men kommer til å inneholde mer enzymer enn korn som spirer ved for høy temperatur. Vanligvis begynner spiringen ved høy temperatur, for eksempel 17 °C, for å inducere rask enzymproduksjon. Etter noen dager kan temperaturen reduseres, for eksempel til 13 °C, for å opprettholde en stabil grad av enzymproduksjon. Det er mulig å oppnå malt med uvanlig høyt enzyminnhold, på relativt kort tid.

Under spiring gjennomgår kornet en modifisering. Modifisering er alle ønskelige endringer som oppstår, når korn konverteres til malt. Denne modifiseringen starter i spiringsfasen, og fortsetter inn i de første stegene av kjøllinga. Modifisering er blant annet nedbrytning av cellestruktur i endosperm, for å gjøre stivelsesgranulene tilgjengelige, og er et mål på hvor jevnt cellestrukturen i endosperm har blitt brutt ned, under maltingsprosessen.

Celleveggene i endosperm løses opp, gjør kornet mykere, og lettere å kverne. Det er mulig å benytte denne egenskapen til å måle graden av modifisering. Det utføres ved å måle mengde energi som kreves for å male maltet. Dette kalles friabilitet, og måles med et friabilimeter. Lagermalt bør ha en analyseverdi på > 85 % friabilitet for å klassifiseres som god malt (The Institute & Guild for Brewing 2002). Viking Malt (2016b) leverer Pale Ale malt

med friabilitet på minimum 85 %. Ved analyse av friabilitet, analyseres også andel umodifiserte korn. Briess (2016) leverer Pale Ale malt med andel umodifiserte korn på 0 %. Umofiserte korn er ikke ønskelig i Pale Ale malt, siden det er ønskelig med høy grad av modifisering. Dersom maltet ikke er fullt modifisert, vil et antall celler inne i endosperm ikke nedbrytes, og vil forbli intakt selv ved grovere kverning. Når maltet da blir mesket, vil ikke enzymene være i stand til å penetrere cellene, å få tilgang til stivelsen (The Institute & Guild for Brewing 2002).

Det er viktig å bruke malt som er riktig modifisert. I undermodifisert malt er ikke alle cellevegger brutt ned, og har derfor vanligvis lavere løselig nitrogeninnhold og LNF. Det kan da være små stivelsesgranuler representert som kan gi uklarhet i det ferdige ølet. Undermodifisert malt kan gi bryggeriene problemer, og føre til dårlig ekstraktutvinning. I overmodifisert malt er cellestrukturen fullstendig nedbrutt, og det er et høyere innhold av løselig nitrogen. Mesteparten av de små stivelsesgranulene er brutt ned (Briggs 1998). The Institute & Guild for Brewing (2002) mener 38-39 % LNF er vanlig i Pale Ale malt. Briess (2016) oppgir en LNF på 42 % for Pale Ale malt, og Viking Malt (2016b) sin Pale Ale malt inneholder minimum 43 % LNF. Det er mye lettere å utvinne ekstrakt fra overmodifisert malt, men noe ekstrakt kan ha vært brukt opp under maltingsprosessen. Overdreven nitrogennedbrytning kan føre til tap av skumdannende proteiner, og gi dårligere ølskum (The Institute & Guild for Brewing 2002). Etter en tilstrekkelig periode med spiring blir kornet tørket gradvis i kjølla når det fremdeles er ferskt (Briggs 1998).

2.2.4 Kjølling

Stort sett alle typer malt er tørket, eller brent, før bruk. Målet med kjølling er å avslutte spiringen, produsere et stabilt og tørt produkt, med en bestemt sammensetning, og skape et sprøtt og lettsmuldrende malt, som er lett å male ved kverning. Under kjølling fjernes fuktigheten, og kjemiske og biokjemiske egenskaper i produktet endres. Kjøllinga gir dermed maltet lavere vanninnhold, slik at det er stabilt ved lagring, og har de riktige karakteristikkene for den spesielle maltypen (Briggs 1998). Kjølling over lengre tid og med høy temperatur, fører til lavere vanninnhold og sterkere farge i det ferdige maltet (The Institute & Guild for Brewing 2002, Briggs et al. 2004).

Kjølleprosessen består av kjølling i en strøm av varm luft. Temperaturen til lufta påvirker farge og mengde enzymer som overlever, og type malt som produseres. Kombinasjonen temperatur og tid, gir ulike malttyper. Enzymoverlevelsen er størst når malt tørkes ved forholdsvis lave temperaturer, men som stiger sakte når maltet er forholdsvis tørt. Noen enzymer, som for eksempel α -glukosidase, blir vesentlig inaktivert ved 45 °C. Ved kjøllingstemperaturer på 70-80 °C reduseres aktiviteten til enzymer, som β -amylase og delvis β -glukanase. Inaktivering reduseres mer tilstrekkelig ved 90 °C, hvor også mer stabile enzymer, som α -amylase og endopeptidase, blir betydelig inaktivert. Graden av enzymer som inaktiveres, er ekstremt sensitiv i forhold til vanninnhold i maltet, uansett temperatur. Kjølling ved lave temperaturer, over tid, tørker kornet ned til 2-3 % vanninnhold. Deretter kan temperaturen økes til 105 °C, og det oppnås et vanninnhold på 1,5 % i det ferdige maltet. Ved slik kjølling overlever mange diastase enzymer, men andre enzymer som peptidase, β -glukanase og fytase, inaktiveres. For at kvaliteten på slik malt skal bli akseptabel, må maltet være tilstrekkelig modifisert før kjøllinga starter. Årsaken er lavt innhold av enzymer, som gjør at selv utvidet mesking, ikke kan bryte ned de uønskede stoffene som finnes i umodifisert malt (Briggs 1998).

Ved kjølling av Pale Ale malt økes temperaturen ettersom produktet tørkes. Kjøllestrategien favoriserer overlevelse av enzymene, og antall enzymer som overlever er relativt høy. For tradisjonell Pale Ale malt benyttes temperatur mellom 75-105 °C. I den avsluttende fasen, som kalles herdingsfase, kan maltet brennes og ulik grad av farge, smak og aromastoffer utvikles. Total nitrogen, viskositet og maltingstap forandres lite i denne fasen, mens forsukringstid og filtreringstid øker. Det har også noe å si hvordan vanninnholdet i maltet er når herdingen starter. Dersom maltet er veldig tørt ($\leq 8\%$), og det benyttes moderate herdingstemperaturer ($< 95\text{ °C}$), i moderate perioder (4 timer), vil mange forandringer være umulig å oppdage. Enzymer overlever best ved lave temperaturer og ved lavt fuktighetsinnhold. Ved produksjon av noen typer spesialmalt benyttes det veldig høye temperaturer. For eksempel ved produksjon av krystallmalt, hvor det kan benyttes høye temperaturer før grønmalt tørkes. Under slike forhold er enzymødeleggelsen nesten fullstendig (Briggs 1998).

Flere av de analytiske verdiene i ferdig malt er sterkt påvirket av kjøllinga. Blant annet fører høyere temperaturer til sterkere farge (Briggs 1998). Under kjøllinga utvikles farge gjennom maillardreaksjoner, da aminosyrer og sukker reagerer, og produserer både farge- og smakskomponenter (The Institute & Guild for Brewing 2002). Maillardreaksjoner, mellom aminosyrer og redusert sukker, opptrer raskere i godt modifisert malt med høyt ekstraktinnhold. Årsaken er at maltet er rikt på reduserende sukkerarter, og danner i støpning- og spiringsprosessen oppløselige nitrogenholdige stoffer. Dette oppstår raskere ved høyere temperaturer, og ved høyere vanninnhold (Briggs 1998).

Viking Malt (2016b) sine spesifikasjoner for Pale Ale malt viser en farge mellom 4-6 EBC fargeenheter. Briess (2016) sin Pale Ale malt skal ha en farge på 6,5 EBC fargeenheter. Weyermann (2016) sin Pale Ale malt har farge på 5,5-7,5 EBC. Når kjøllinga er ferdig er de tørre spirene skjøre, og børstes av maltet etter nedkjøling. Spirene selges som dyrefôr (Briggs 1998).

2.2.5 Lagring

Malt er et veldig stabilt produkt og kan lagres i lengre perioder dersom det holdes tørt og kjølig, under stabile og riktige forhold (Briggs 1998). I henhold til Viking Malt (2016b) skal Pale Ale malt lagres et luktfritt sted, med temperatur $<20^{\circ}\text{C}$, og luftfuktighet $<40\%$. Holdbarheten skal da være minimum ett år. Ved lagring er det viktig med et lavt vanninnhold for å hindre forringelse, og forlenge lagringstiden. For å sikre god maling av maltet bør ikke vanninnholdet overstige 6% (The Institute & Guild for Brewing 2002, Briggs 1998). Både kornet og maltets vanninnhold er viktig å vite i flere sammenhenger. Vanninnhold benyttes i mange analytiske utregninger, og under maltingsprosessen følges vanninnholdet nøye (Briggs 1998). Vanninnhold i malt henger også sammen med andre analyseparametere, og lavere vanninnhold gir høyere ekstraktinnhold (The Institute & Guild for Brewing 2002). I henhold til Briggs (1998) er normale verdier for vanninnhold i malt $2-5\%$. The Institute & Guild for Brewing (2002) mener typisk vanninnhold på Pale Ale malt er $2-3\%$. Briess (2016) og Viking Malt (2016b) sin Pale Ale malt inneholder et vanninnhold på henholdsvis 4% og maks 5% .

Hoff et al. (2014) undersøkte lagring av malt i 12 måneder. Lagringen resulterte i oksidative reaksjoner, og stor endring av den flyktige profilen til vørteren (laget av det lagrede maltet). Brent malt var mye mer ustabil enn Pilsnermalt, men hos begge maltypene førte høy lagringstemperatur (20 °C), og høy vannaktivitet (0,432), til de største forandringene. I løpet av lagringstiden ble ikke ekstraktinnhold til vørteren påvirket av de kjemiske forandringene, og holdt seg konstant. Hoff et al. (2014) fant ut at kjemiske forandringer som oppstår i maltet under lagring (< 12 mnd.), kan påvirke ølets aroma. Og både vannaktivitet og lagringstemperatur bør holdes lav for å bevare høy maltkvalitet.

2.3 Proteininnhold i bygg og malt

Årsaken til at malterne er veldig interessert i proteininnhold i bygg og malt, er forholdet mellom proteininnhold og ekstraktinnhold. Dersom proteininnholdet er høyt gir det lavere ekstraktinnhold, og dersom proteininnholdet er lavt, gir det høyere ekstraktinnhold (The Institute & Guild for Brewing 2002, Briggs 1998). Under spireprosessen migrerer protein inn i spirene. Proteininnhold i ferdig malt avhenger derfor av opprinnelig proteininnhold i bygg, andel protein som migrerer inn i spirene, og nedgangen i kornets vekt uten spirer. Derfor varierer proteininnhold med spiretiden, men under de fleste maltingsforhold er det tilnærmet det samme i ferdig malt, som i det originale bygget. Noen ganger litt mer, men trolig oftere noe mindre (Briggs 1998). Proteininnholdet kan ikke være for lavt siden protein spiller en viktig rolle i kvaliteten hos øl, og protein i form av aminosyrer er viktig næring for gjæren. Det er også viktig å sikre at det ikke blir for høyt innhold av protein i bygg, men sikre at tilstrekkelig av proteinet som er tilgjengelig, blir brutt ned til løselig nitrogen. Forholdet total og løselig nitrogen, er en viktig indikator på grad av modifisering. Mesteparten av nitrogen som brytes ned, skjer under maltingen (The Institute & Guild for Brewing 2002, Briggs 1998).

Ønsket proteininnhold i Pale Ale malt er noe omdiskutert og er trolig forskjellig for hvert malteri. Briggs (1998) mener bygg vanligvis har proteininnhold på 9,38-13,75 %, og at europeiske bryggere foretrekker et innhold på 8,75-11,00 % i bygg, til malting. For britiske bryggerier var det i 1998 ønskelig med 10,31 % proteininnhold i bygg, til produksjon av Pale Ale malt. Til produksjon av Mild Ale malt var det ønskelig med 10,94 %, og Lagermalt 10,0-

11,88 % (Briggs 1998). The Institute & Guild for Brewing (2002) mener det er vanlig med et proteininnhold på 8,75-10 % i malt, og Briess (2016) og Viking Malt (2016b) oppgir et proteininnhold på henholdsvis 11,7 %, og maks 11,5 %, i deres Pale Ale malt.

2.4 Mesking

Kongressmesk benyttes til flere maltanalyser. Vørteren som produseres under denne metoden, benyttes til analyse av ekstraktinnhold, forsukringstid, farge, filtreringshastighet, viskositet, og løselig protein. Utbytte av løselig nitrogen påvirkes av forholdene under meskingen, og høyt innhold av løselig nitrogen, kan ha sammenheng med stort vanninnhold i kornet under støpningsprosessen. Tykke bryggerimesker produserer mer løselig nitrogen enn tynne laboratorimesker, og det produseres mer løselig nitrogen ved bruk av EBC-metode enn loB-metode (Institute of Brewing 2002, Briggs 1998, NIAB u.å.).

En av de kritiske, fysiske egenskaper ved ølbrygging er viskositet. Viskositeten avhenger i stor grad av gelatinering av stivelsen, hvor større grad av gelatinering, fører til høyere viskositet. Høy viskositet indikerer også høy andel β -glukan, α -glukan, og arabinoxylaner. Mengde enzymer som er tilstede i vørteren, hvor tilgjengelig stivelsen er for enzymene, og hvor raskt enzymene bryter ned stivelse, er viktige faktorer ved gelatineringen. Dersom α -amylase er tilstede og bryter ned stivelsen, reduseres viskositeten i vørteren. Høy viskositet kan føre til problemer ved filtreringen av øl, og det kan føre til uklarhet i det ferdige ølet (Lowe et al. 2005, Briggs 1998, Briggs et al. 2004). The Institute and Guild of Brewing (2002) mener Lagermalt bør ha viskositet på 1,55-1,65 mPa·s. Nielsen og Munch (2003) undersøkte 13 sorter vår- og vinterbygg i Danmark. Prøvene ble maltet i et mikromaltingsanlegg, og resultatet viste en variasjon i viskositet på 1,48-2,14 mPa·s. Severa et al. (2009) undersøkte også viskositeten til vørter. Det ble benyttet Pilsnermalt, og de fant ut at viskositeten varierte mellom 1,75-2,05 mPa·s. Verdier i tilnærmet samme området fant også Briggs et al. (2004), og Lu og Li (2005).

Likedan som proteininnhold, er ekstraktinnhold et viktig parameter for malterne. Ekstraktinnhold er et mål på mengde sukker som utvinnes etter meskingen. Forskjellige byggsorter gir forskjellig ekstraktinnhold, og det er vanlig med 81-82 % for Pale Ale malt fra

vanlig 2-radsbygg. I Viking Malt (2016b) og Briess (2016) sin Pale Ale malt, skal ekstraktinnhold være minimum 80 %. Ekstraktinnhold har sammenheng med vanninnhold i maltet. Lavere vanninnhold gir høyere ekstraktinnhold (The Institute & Guild for Brewing 2002). Forsukringstid er et annet parameter som analyseres under meskingen. Forsukringstid er et mål på hvor lang tid det tar å bryte ned stivelse til dekstriner. Nedbrytningen avhenger i stor grad av mengde α -amylase som er tilstede i maltet (Briggs et al. 2004). I henhold til Briggs et al. (2004) er vanlig forsukringstid for Pale Ale malt 10-15 minutter, og for Lagermalt mindre enn 15 minutter.

3.0 Materialer og metoder

Alle analysebeskrivelser i denne oppgaven er hentet fra metodebeskrivelsene til EBC (Analytica EBC 2014). EBC står for European brewery convention. EBC er en organisasjon som utvikler og vedlikeholder analysemetoder til bryggeriindustrien i Europa. Maltanalyser utvikles for kvalitetssikring av maltet som produseres, og eventuelle justeringer i maltingsprosessen. Det er også ønskelig med et basissystem for produktevaluering, slik at kjøpere og selgere har noe å forholde seg til ved forhandlinger (Briggs 1998).

I denne oppgaven ble EBC-metodene fulgt i den grad det var mulig. Analyseutstyr, materialer, temperatur og tid, er tilpasset tilgjengelighet av materialer og utstyr på laboratoriet ved NMBU, Ås. Til analysene ble det kvernet opp 20 g prøve, selv om det kun ble benyttet 0,5-5 g til analysene. Dette ble gjort for å få et bedre utvalg av prøvemateriale (Briggs 1998). Til alle analyser hvor det ble benyttet vann, ble det brukt avionisert vann. Ved omtale av innhold i bygg og malt, benyttes det både totalt nitrogeninnhold og proteininnhold i litteraturen. I denne oppgaven vil det bli brukt proteininnhold. Siden utregninger i noen av maltanalysene krever totalt nitrogeninnhold blir det benyttet en omregningsfaktor. Omregningsfaktor mellom total nitrogen og protein er 6,25.

Analysene er valgt ut med tanke på at de er de viktigste parameterne, til vurdering av maltkvalitet. Briggs et al. (2004) mener vanninnhold, farge, ekstraktinnhold, proteininnhold, løselig nitrogen og diastase enzymer, er viktige parametere. I tillegg ble spireevne, friabilitet og viskositet analysert.

Spireevne - Spireevne ble valgt på grunnlag av at ferskt, nylig høstet korn ofte er i dvale, og da ikke er i stand til å spire. Under lagring vil derimot dvalen avta, og analysen er et mål på denne spireevnen.

Vanninnhold - Både kornet og maltets vanninnhold er viktig å vite i flere sammenhenger. Ved lagring er det viktig med et lavt vanninnhold for å hindre forringelse og forlenge lagringstiden, og for å sikre god maling av maltet, bør ikke vanninnhold overstige 6 %. I mange analytiske utregninger benyttes vanninnhold, og under maltingsprosessen følges vanninnholdet nøye.

Proteininnhold - Årsaken til at malterne er så interessert i proteininnhold, er forholdet mellom proteininnhold og ekstraktinnhold. Dersom proteininnholdet er høyt, gir det lavere ekstraktinnhold, og dersom proteininnholdet er lavt, gir det høyere ekstraktinnhold.

Ekstraktinnhold – Ekstraktinnhold er et av de viktigste parameterne. Ekstraktinnhold er et mål på mengde sukker som utvinnes etter meskingen. Sukker omdannes til alkohol i bryggeprosessen, og ekstraktinnhold er derfor et interessant parameter. Vanligvis er høyere ekstraktinnhold et tegn på god maltkvalitet.

Farge – Under kjøllinga utvikles farge gjennom maillardreaksjoner. Høyere temperatur gir sterkere farge, og større utvikling av farge- og smakskomponenter. Fargen på maltet gir en god indikasjon på hvilken farge ølet får, og eventuelle fargejusteringer som må til.

Løselig nitrogen – Løselig nitrogen har sammenheng med modifisering. Større innhold av løselig nitrogen gir større grad av modifisering, og lavere innhold av løselig nitrogen gir lavere grad av modifisering. Modifisering er et viktig parameter for malterne.

LNF – Løselig nitrogen forhold gir også en pekepinn på grad av modifisering i maltet.

Friabilitet – Friabilitet måler graden av modifisering. Det utføres ved å måle mengde energi som kreves for å male maltet.

Viskositet – Høy viskositet i mesken kan føre til problemer i bryggeprosessen. Det kan føre til problemer ved filtreringen av øl, og dermed uklarhet i det ferdige ølet.

I tabell 1 vises en oversikt over analysemetodene som ble benyttet.

Tabell 1: Oversikt over EBC-analysemetoder som ble benyttet til analyse av bygg og malt.

Analysemetoder bygg og malt	
Bygg	3.2 Vanninnhold
	3.3.1 Proteininnhold
	3.5.2 Spireevne
Malt	4.2 Vanninnhold
	4.3.1 Proteininnhold
	4.5.1 Ekstrakt av malt
	4.7.1 Farge
	4.8 Viskositet
	4.9.1 Løselig nitrogen
	4.15 Friabilitet

Til analyse av diastase enzymer ble EBC-metode 4.12 forsøkt benyttet. Metoden måler aktiviteten av diastase enzymer i maltet, og verdien som oppnås indikerer om enzymaktiviteten er tilfredsstillende (Briggs et al. 2004). Diastase enzymer er viktige i maltet. Enzymene bryter ned stivelse, og må være aktivert under meskingen (The Institute & Guild for Brewing 2002). Usikre resultater førte til at metoden ble utelatt fra denne oppgaven. Flere forsøk med paralleller viste stor forskjell på resultatene. Det var derfor ikke mulig å stole på resultatene. Dette er en tidkrevende metode, og det var ikke nok tid til å kvalitetssikre resultatene i en slik grad at de kunne benyttes i oppgaven.

Til utarbeidelse av statistiske data ble dataprogrammet Minitab Express benyttet. Det ble utført variansanalyse for å vise signifikante forskjeller mellom sortene og årene. Til sammenligning av parametere ble det utført korrelasjonstest og enkel regresjon.

3.1 Forsøksplaner 2013, 2014 og 2015

På side 22 og 23 vises forsøksplanene som ble utarbeidet til prosjektet "Norsk malt, humle og urter – smaken av norsk øl". Siden dette forsøket har benyttet kornprøver fra prosjektet, er forsøksplanene vist i sin helhet. Av interesse for denne oppgaven er sortene Domen og Quench. På grunn av størrelse og tilgjengelig tid for forsøket, ble det fokusert på to sorter. Siden Domen er en norsk sort som tidligere har blitt brukt til malting, var det interessant å sammenligne den opp mot Quench. Quench er mye brukt til malting i mange europeiske land, og er kjent for å ha gode maltingsegenskaper (Sundgren et al. u.å.). Domen og Quench ble valgt ut i samråd med Mauritz Åssveen fra NIBIO. Mauritz Åssveen er delaktig i prosjektet "Norsk malt, humle og urter – smaken av norsk øl".

Kornprøvene ble lagret i tørkeanlegg på Apelsvoll ved omtrent 18-20 °C, og med et vanninnhold på 10-13 % (Personlig meddelse Mauritz Åssveen 2016). Kornprøvene fra 2013 har vært lagret i omtrent 2 ½ år, kornprøvene fra 2014 i om lag 1 ½ år, og kornprøvene fra 2015 har vært lagret rundt 5 måneder før de ble analysert og maltet.

Forsøksbetingelser

Feltet anlegges der det har vært korn. Viktig med godt såbedd og jevn sådybde.

Jordprøve ved anlegg

Det skal tas en representativ jordprøve ved anlegging av feltet.

Gjødsling

Ledd A: 6 kg N med NPK 19-4-12 (totalt 6 kg N)

Ledd B: 6 kg N med NPK 19-4-12 + 2 kg OPTI-NS (totalt 8 kg N)

Ledd C: 8 kg N med NPK 19-4-12 + 2 kg OPTI-NS (totalt 10 kg N)

Ledd D: 8 kg N med NPK 19-4-12 + 4 kg OPTI-NS (totalt 12 kg N)

Plantevern

Sprøyting utføres med åkersprøyte ved følgende utviklingsstadier:

BBCH 32-24: Moddus (30 ml/daa) + Stereo (75 ml/daa)

BBCH 55: Proline (60 ml/daa)

To faktorer

1. Sene vårbyggsorter
2. Forskjellige mengder gjødsel

Tabell 2: Oversikt over ledd og sorter.

Faktor 1: Sene vårbyggsorter	
Ledd	Sort
1	Domen
2	Arve
3	Olsok
4	Barke
5	Quench
6	Tamtam (byttet ut med Salome i 2015)

Tabell 2 viser en oversikt over faktor 1 med ledd og kornsort.

Tabell 3: Oversikt over gjødslingsgrad.

Faktor 2: Forskjellig mengde gjødsel		
Ledd	Behandling, mgd./daa*	Spesifikasjon, mgd./daa*
A	FULLGJØDSEL 19-4-12	6 kg N
B	FULLGJØDSEL 19-4-12	6 kg N
	OPTI-NS 27-0-0 (4S)	2 kg N
C	FULLGJØDSEL 19-4-12	8 kg N
	OPTI-NS 27-0-0 (4S)	2 kg N
D	FULLGJØDSEL 19-4-12	8 kg N
	OPTI-NS 27-0-0 (4S)	4 kg N

- l/kg pr. daa. svarer til ml/g pr. 10 m²

Feltstørrelse

43,5 m x 32,0 m = 1392 m² inkludert kantruter og 8 m grense mellom to av gjentakene.

Tabell 4: Oversikt over ledd, sort og gjødslingsgrad.

Ledd	Sort	Behandling, mgd./daa*	Spesifikasjon, mgd./daa*
A	Domen	Fullgjødsel 19-4-12	6 kg N
	Quench		
B	Domen	Fullgjødsel 19-4-12	6 kg N
	Quench	OPTI-NS 27-0-0 (4S)	2 kg N
C	Domen	Fullgjødsel 19-4-12	8 kg N
	Quench	OPTI-NS 27-0-0 (4S)	2 kg N
D	Domen	Fullgjødsel 19-4-12	8 kg N
	Quench	OPTI-NS 27-0-0 (4S)	4 kg N

Tabell 3 viser en oversikt over faktor 2 med gjødslingsgrad og type gjødsel. Tabell 4 viser oversikt over sortene Domen og Quench med ulik gjødslingsgrad for hvert ledd.

3.2 Fysiske analyser

3.2.1 Spireevne bygg

Til å bestemme spireevnen til byggprøvene ble EBC-metode 3.5.2 benyttet. Målet med metoden er å bestemme den prosentvise andelen levende korn av en prøvemengde bygg, ved å bruke en hydrogenperoksid-assistert veksttest. Metoden kan benyttes til alle typer bygg.

I henhold til metoden skal det telles opp to mengder á 200 korn for hver prøve. På grunn av mangel på telleapparat og tid, ble det telt opp én mengde på 200 korn for hver prøve. Det

ble utelatt ødelagte og halve korn, samt fremmedlegemer. Kornene ble helt over i et målebeger fylt med hydrogenperoksidløsning. Hydrogenperoksidløsningen inneholdt 5ml hydrogenperoksid, fortynnet med avionisert vann, opp til 200 ml. Begeret ble stående i romtemperatur i tre døgn, før kornene med utviklet blad- og rotspire ble telt opp. Dersom mindre enn 95 % av kornene hadde blad- og rotspire, måtte kornene uten spire legges på et bløtlagt filterpapir (fuktet med 4 ml vann) i ei petriskål, ved romtemperatur i et døgn. Skall og vev som beskytter embryoet måtte fjernes. Dette for å gi spiren rikelig tilgang til fuktige og luftige omgivelser. Deretter ble det utført en ny telling.

Spireevnen ble regnet ut ved å legge sammen antall korn som hadde blad- og rotspire før, og eventuelt etter, et døgn i petriskål.

Resultatet ble rapportert i % uten desimal, men rundet av til nærmeste hele tall.

3.2.2 Vanninnhold i bygg og malt

EBC-metode 3.2 og 4.2 ble benyttet til bestemmelse av vanninnhold i bygg og malt. I henhold til metodene skal korn tørkes ved 130-133 °C i 2 timer, og malt skal tørkes ved 105-106 °C i 3 timer ± 5 minutter. På grunn av tilgjengelig utstyr på laboratoriet ble det benyttet 102 °C i 1 døgn. Målet med metoden er å bestemme vanninnhold i bygg og malt, ved tap av vekt under tørking. Metoden kan benyttes til alle typer bygg og malt. Prøvene ble malt i Bühler Universal Laboratory Disc Mill. Metoden ble utført ved å veie 5 g prøvemengde i aluminiumsbeger. Det ble veid opp 3 paralleller, og prøvene ble tørket i ovnen Termaks, levert av VWR, ved 102 °C i 1 døgn. Deretter ble begrene satt i eksikator for nedkjøling i ca. 30 minutter, før de ble veid med påfølgende utregning.

$$\text{Vanninnhold \% (m/m)} = \frac{m_0 - m_1}{m_0} \cdot 100$$

m_0 = Vekt (gram) til prøve før tørking

m_1 = Vekt (gram) til prøve etter tørking

Det ble benyttet én desimal ved rapportering av resultatet.

3.2.3 Proteininnhold i bygg og malt

EBC-metode 3.3.1 Total Nitrogen i Bygg: Kjeldahl Metode, og EBC-metode 4.3.1 Total Nitrogen i Malt: Kjeldahl Metode, ble benyttet til bestemmelse av proteininnhold i korn og malt. Målet med metodene er å bestemme totalt nitrogeninnhold i bygg og malt, ved benyttelse av en Kjeldahlprosedyre. Metoden kan benyttes til alle typer bygg som har et nitrogeninnhold $\leq 2,4$ %, og alle typer malt. Dersom nitrogeninnholdet er høyere må prøvemengden reduseres. Proteinfaktor 6,25 ble benyttet ved omregning fra total nitrogen til proteininnhold.

Prinsippet med metoden er at nitrogenholdige forbindelser i bygget, blir spaltet med varm svovelsyre i nærvær av katalysatorer, for å gi ammoniumsulfat. Spaltingen gjøres alkalisk med natriumhydroksidløsning, og frigjør ammoniakk som destilleres inn i et overskudd av borsyre-løsning. Ammoniakken titreres så med saltsyreløsning, og mengde titrert saltsyreløsning leses av og benyttes til utregning.

Metoden ble utført ved å veie inn 0,5 g prøvemengde i Kjeldahl-rør. Deretter ble det tilsatt en kjemikalietablett, med et innhold på 1,5 g kaliumsulfat og 7,5 mg selenium, og 3 ml konsentrert svovelsyre. Som standardløsning, for kvalitetssikring av resultatet, ble det benyttet skummet melk fra TINE. Oppslutningen ble utført ved 420 °C i 1 time og 15 minutter med apparatet FOSS Tecator Digestor Auto. Destilleringen ble utført med apparatet FOSS Kjeltec 8400 Analyser Unit.

$$\text{Proteininnhold \% (m/m)} = \frac{\text{Titer} \cdot 0,07}{(100 - M) \cdot \text{Vekt prøve}} \cdot 6,25 \cdot 100$$

Titer = mengde saltsyre benyttet til titrering (ml)

0,07 = faktor

M = vanninnhold bygg (%)

Vekt prøve = vekt prøvemengde (gram)

6,25 = proteinfaktor

Resultatet rapporteres i % (m/m) protein med to desimaler.

3.2.4 Friabilimeter

Til å bestemme friabilitet ble EBC-metode 4.15 benyttet. Målet med metoden er å estimere friabilitet, hele og delvis umodifiserte korn, i maltet. Metoden kan benyttes til alle typer Pale malt, men malt med vanninnhold utenfor området 3,5-5 % kan påvirke resultatet. Malt som har absorbert fuktighet i skallaget under lagring, kan gi resultater som skiller seg fra det som er forventet. Malt fra noen sorter, som for eksempel de med tykk skallfraksjon, kan gi resultater som er karakteristisk forskjellig fra gjennomsnittlige sorter.

Det ble benyttet et friabilimeter. 50 g prøvemengde ble tømt i friabilimeteret via en trakt på toppen. Prinsippet med metoden er at hele malkorn fragmenteres mekanisk av friabilimeterets trommel. Små fragmenter av fysisk modifisert materiale passerer trommelen, mens større, umodifiserte fragmenter, blir igjen rundt trommelen. Etter 8 minutter stopper friabilimeteret automatisk. De umodifiserte fragmentene som blir igjen i trommelen veies, og friabilitet kan kalkuleres. Etter veiing av de umodifiserte fragmentene ble umodifiserte korn analysert. Fra de umodifiserte fragmentene ble hele korn, og korn større enn $\frac{3}{4}$ kornstørrelse, sortert ut. Kornene ble så veid, og umodifiserte korn ble kalkulert.

$$\text{Friabilitet (\%)} = 100 - (2 \cdot A)$$

A = vekt (gram) umodifiserte fragmenter i trommelen

$$\text{Umodifiserte korn (\%)} = 2 \cdot B$$

B = vekt (gram) korn større enn $\frac{3}{4}$ kornstørrelse

Resultatet for friabilitet rapporteres i % til nærmeste hele tall.

Umodifiserte korn rapporteres i % med én desimal.

3.3 Analyse av vørter

3.3.1 Kongressmesk

EBC metode 4.5.1 Ekstrakt av malt. Kongressmesk (farge og viskositet) ble benyttet til flere analyser. Vørteren som ble produsert under denne metoden, ble benyttet til ekstraktinnhold, farge, viskositet og løselig protein. Filtreringshastighet og forsukringstid ble målt av mesken. Målet med metoden er å bestemme maltets potensial til å produsere løselig vørter, ved bruk av standard meskeprogram. Metoden kan benyttes til alle typer malt med farge < 15 EBC fargeenheter.

Metoden ble utført ved å male 55 g malt i en Bühler Universal Laboratory Disc Mill. Det ble så veid inn 50 g malt, som ble rørt ut i 200 ml vann på 46 °C, i et vannbad på 45 °C. Mesken ble kontinuerlig rørt i 30 minutter, før temperaturen økte med 1 °C for hvert minutt, til en temperatur på 70 °C, etter 25 minutter. Det ble da tilsatt 100 ml vann på 70 °C, og etter 10 minutter startet målingen av forsukringstid. I henhold til EBC-metode 4.5.1 ble forsukringstid målt ved å helle én dråpe av mesken i en porselensskål, og deretter tilsatt én dråpe iodinløsning. Ved klar, gul væske ble resultatet lest av. Forsukringstid rapporteres i antall minutter fra det ble tilsatt 100 ml vann på 70 °C. Med betegnelsen "under 10 min" menes det klar, gul væske ved første måling etter 10 minutter. Mesken ble holdt ved 70 °C i 1 time, med kontinuerlig røring. Deretter ble mesken kjølt ned til romtemperatur i løpet av 10 til 15 minutter. Mesken ble så fortynnet med vann til en samlet vekt på 450 ± 0,2 g.

$$\text{a) } E_1 [\% \text{ (m/m)}] = \frac{P(M+800)}{100-P}$$

$$\text{b) } E_2 [\% \text{ (m/m)}] = \frac{E_1 \cdot 100}{100-M}$$

E_1 = ekstraktinnhold i prøve i % (m/m)

E_2 = ekstraktinnhold i tørr malt, i % (m/m)

P = ekstraktinnhold i vørter, i % Plato

M = vanninnhold malt, i % (m/m)

800 = mengde destillert vann tilsatt til mesken til 100 g malt, i ml

Resultatet rapporteres i % (m/m) med én desimal.

3.3.1.1 Filtrering

Etter at mesken ble fortynnet med vann til en samlet vekt på $450 \pm 0,2$ g, ble mesken rørt om kraftig med en glasstav, før den umiddelbart og fullstendig ble overført til et filter i en trakt. Filtreringen ble stoppet når massen var tørr, eller etter to timer, dersom massen ikke ble tørr. Den filtrerte vørteren ble lagret på flasker i et mørkt kjølerom på 4 °C.

Resultatet rapporteres som "normal" dersom filtreringen er ferdig innen én time. Dersom filtreringen varer lengre enn én time, rapporteres resultatet som "sakte".

3.3.2 Farge

Maltets farge ble analysert ved bruk av EBC-metode 4.7.1. Målet med metoden er å bestemme fargen til vørter, produsert fra laboratorieekstrakt av malt, ved bruk av spektrofotometrisk metode. Metoden kan benyttes til alle klare vørtertyper produsert under maltanalyser. Vørteren som ble produsert i EBC-metode 4.5.1 (se pkt. 3.3.1) ble benyttet til denne analysen.

Analysen ble utført ved å sprøyte vørteren gjennom et 0,45 mikromembranfilter. Dette ble utført for å fjerne partikler. Selve fargemålingen ble utført ved bruk av spektrofotometer, og måling av absorbans ved 430 nm. Det ble benyttet engangs plastkyvetter på 10 mm, og avionisert vann ble brukt til nullstilling av instrumentet.

$$\text{Farge} = 25 \cdot A_{430}$$

Farge = farge på malt i EBC fargeenheter

25 = multiplikasjonsfaktor

A_{430} = absorbansen ved 430 nm i 10 mm kyvette

Resultatet rapporteres i EBC enheter.

3.3.3 Viskositet

Til analyse av viskositet ble EBC-metode 4.8 og 8.4 benyttet. Målet med metodene er å bestemme viskositeten til vørter, ved bruk av et passende viskositetsinstrument. Metoden kan brukes til bestemmelse av viskositeten til alle typer vørter, produsert under maltanalyser. Målingen må foretas innen 120 minutter fra start av filtrering.

Det ble benyttet et reometer av type Physica UDS 200 levert av HOUM AS. Dataprogrammet US200 ble benyttet til utarbeidelse av resultatene. Prøvene ble analysert ved 20 °C, og det ble benyttet 0,8 ml prøvemengde.

Resultatet rapporteres i mPa·s med to desimaler.

3.3.4 Løselig nitrogen

Til å bestemme løselig nitrogen i malt ble EBC-metode 4.9.1 benyttet. Metoden benyttes til å bestemme løselig nitrogeninnhold av vørter. Metoden kan benyttes til alle typer vørter som er produsert under maltanalyser. I denne oppgaven ble det benyttet vørter produsert fra mesken i metode 4.5.1 (se pkt. 3.3.1).

Utførelse av metoden var likedan som proteininnhold i bygg og malt (se pkt. 3.2.3). Eneste unntak fra nevnte metode, var at det ble benyttet 5 ml vørter som prøvemengde, og for å hindre skumdannelse og overkoking, ble det tilsatt 10 dråper med antiskummiddel.

$$a) N_v = \frac{T \cdot 14}{V} \cdot 100 \text{ (mg/liter)}$$

N_v = løselig nitrogen i mg/liter

T = ml av 0,1 mol/liter saltsyre som trengtes til å nøytralisere ammoniakk

V = prøvemengde (ml)

$$b) N_s = \frac{N_v \cdot E_1}{10000 \cdot E_w} \text{ (\%)}$$

N_s = løselig nitrogen i % av tørr malt

N_v = løselig nitrogen i mg/liter

E_1 = ekstraktinnhold i tørr malt i % (m/m)

E_w = g av ekstrakt i vørter i g/100 ml av vørter

10000 = korreksjonsfaktor for å oppnå resultatet i prosent

Resultatet rapporteres i % (m/m) med to desimaler.

$$c) \text{ LNF} = \frac{N_s \cdot 100}{N_T}$$

LNF = løselig nitrogen forhold

N_s = løselig nitrogen i % av tørr malt

N_T = total nitrogen i % av tørr malt

3.4 Malingstap

Malingstap ble kalkulert for å vurdere utbytte av maltingen. Målingene benyttes til å bestemme effektiviteten ved å omdanne bygg til malt. Malingstap defineres på forskjellige måter. I boka *Malts and Malting* (1998) er det vedtatt at malingstap er reduksjon i tørrvekt, uttrykt som prosentandel, som følge av at en batch med bygg gjennomgår støpning, og konverteres til ferdig malt. Tapene deles vanligvis inn i støpningstap, respirasjonstap og spirer (Briggs 1998).

$$\text{Malingstap (\%)} = \frac{V_F \cdot 100}{V_E}$$

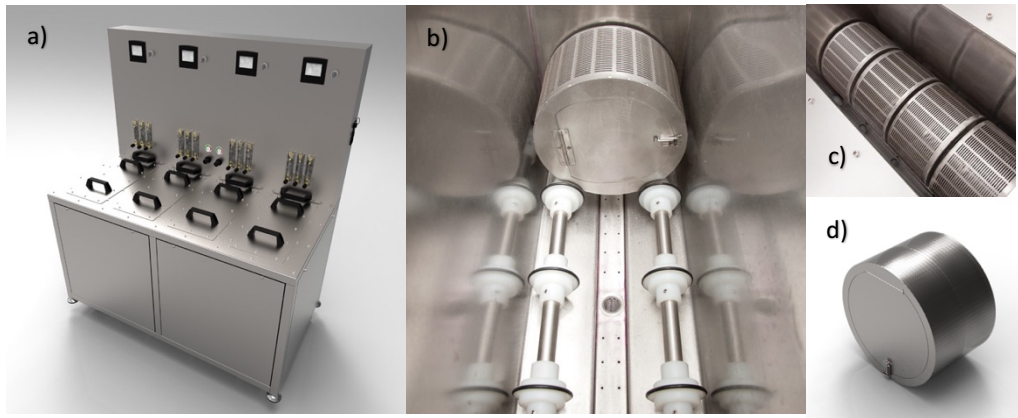
V_F = vekt før malting

V_E = vekt etter malting

100 = omregningsfaktor til prosent

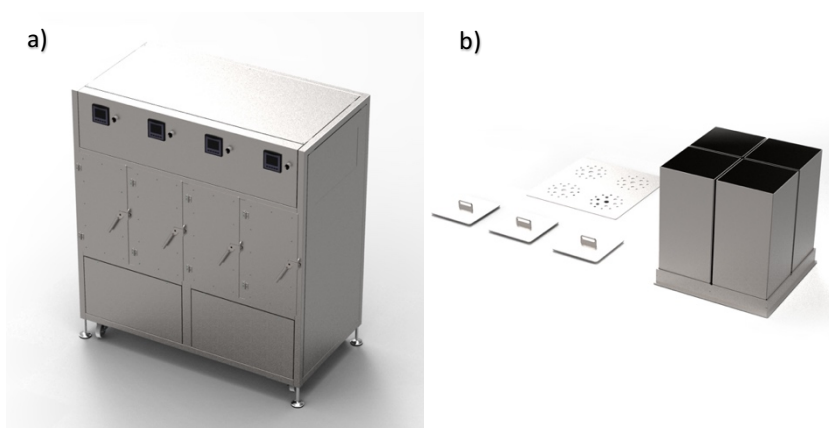
3.5 Støpning- og spiringsanlegg og kjølle

Støpning- og spiringsanlegg og kjølle som ble benyttet i oppgaven, er levert av firmaet Custom Laboratory Products fra Milton Keynes i England. Støpning- og spiringsanlegget har fire tanker, hvor det er plass til fire prøver i hver tank. Kapasitet på 16 prøver.



Figur 4: Ovenfor vises bilder av støpning- og spiringsanlegg som ble benyttet. a) Bilde viser anlegget med fire tanker. b) Beholderne roterte på to ruller. c) Det er plass til fire beholdere i hver tank. d) Beholder hvor prøven ble oppbevart i under prosessen. Med perforerte vegger slik at vann kommer inn i beholderen (Custom Laboratory Products 2016).

Kjølla har også fire enheter, hvor det er plass til fire prøver i hver enhet. Støpning- og spiringsanlegg og kjølle, styres av dataprogrammet micromalt.



Figur 5: Ovenfor vises bilder av kjølla som ble benyttet. a) Bilde viser kjølla med fire enheter. b) Beholderne hvor grønmaltet ble oppbevart i under kjøllinga (Custom Laboratory Products 2016).

3.5.1 Støpning- og spireprogram

Støpning- og spiringsprogrammet og tørkeprogrammet er laget i samarbeid med Hugh Alexander, fra firmaet Custom Laboratory Products. Programmet som ble brukt i denne oppgaven benyttes til Pale Ale malt, og er et standard program. For å få sammenlignbare resultater, og en mest mulig lik maltingsprosess, ble det benyttet samme støpning-, spiring- og tørketid, og temperatur, på alle prøvene. For å få best mulig maltkvalitet må prosessen følges nøye, og justeres etter tilstanden til kornet, kornsort og andre faktorer. Prøvene i denne oppgaven ble behandlet likt, og prosessen er ikke tilpasset sortenes egenskaper og forskjeller. Det ble gjennomført innledende forsøk til bestemmelse av spiringstiden. Til å bestemme når spiringen var akseptabel og kunne avsluttes, ble det sett på vekst av bladspire (se figur 3) (Briggs 1998). Ved første batch ble spiringen avsluttet når bladspiren var mellom $\frac{3}{4}$ og hele kornets lengde. De andre batchene ble kjørt med likedan støpning-, spiring- og tørketid, og temperatur, som første batch. Tabell 5, 6 og 7 viser støpning-, spiring- og tørkeprogrammet.

I dette forsøket ble støpning utført ved å helle 450 g prøvemengde i beholderne. Beholderne roterte på to ruller. Det ble så fylt opp med vann til over toppen av beholderne. Kornene ble fuktet i åtte timer, før vannet ble tappet av i 16 timer, for å gi kornet ultimate respirasjonsbetingelser. Dette ble utført to ganger. Deretter ble det fylt med vann igjen, og tilføring av luft og rotering ble utført i to timer, før spiringen startet. Underveis i støpningsprosessen ble vannet sirkulert, og det ble tilført fuktig luft, samt rotering av beholderne i visse perioder. Støpningen ble utført med fem steg. Se tabell 5 for oversikt over støpningsprogram.

Tabell 5: Oversikt over støpningsprogram som ble benyttet.

Støpningsprogram			
Steg	Våt/tørr	Timer	Temperatur °C
1	Våt	8	16
2	Tørr	16	16
3	Våt	8	16
4	Tørr	16	16
5	Våt	2	16

Støpningen ble utført med fem steg hvor det var annenhver våt og tørr støpning. Det ble både startet og avsluttet med våt støpning. Med våt støpning menes tilførsel av vann. Tørr støpning er uten vann.

Tabell 6: Oversikt over spireprogram som ble benyttet.

Spireprogram		
Steg	Timer	Temperatur °C
1	24	16
2	24	16
3	24	16

Som Tabell 6 viser ble spiringen utført med tre steg. 24 timer hvert steg, og ved en temperatur på 16 °C. Spiringen ble utført uten vann.

3.5.2 Kjølleprogram

Tabell 7: Oversikt over kjølleprogram som ble benyttet.

Kjølleprogram		
Steg	Timer	Temperatur °C
1	16	65
2	2	85
3	2	90
4	2	95

Tabell 7 viser en oversikt over kjølleprogram som ble benyttet. Det ble benyttet samme program til alle prøvene. Kjøllinga besto av fire steg med forskjellig tid og temperatur.

4.0 Resultater

4.1 Klimastatistikk

Tabell 8: Oversikt over sådato og høstedata til kornsortene Domen og Quench, årene 2013, 2014 og 2015.

Årstall	Sort	Sådato	Høstedata
2013	Domen	02.05.2013	22.08.2013
	Quench		30.08.2013
2014	Domen og Quench	22.04.2014	15.08.2014
2015	Domen og Quench	28.04.2015	08.09.2015

Tabell 8 viser at sådato varierte fra 22 april til 2 mai. Høstedata varierte fra 15 august til 8 september.

Tabell 9: Tabellen viser klimastatistikk over tidsperioden kornprøvene var i jorda året 2013 (Lmt u.å.).

Klimastatistikk 2013						
Periode 02.05.2013-30.08.2013	Siste 7 døgn	Siste 30 døgn	Sum i valgt tidsperiode			
			Sum	Middel	Min	Maks
Vekstdøgn			119			
Lufttemperatur (°C)	14,8	15,0		14,4	3,6	21,1
Jordtemperatur (°C)	15,2	16,0		14,5	3,6	20,3
Nedbør (mm)	0,0	84,2	300,9			

Tabell 10: Tabellen viser klimastatistikk over tidsperioden kornprøvene var i jorda året 2014 (Lmt u.å.).

Klimastatistikk 2014						
Periode 22.04.2014-15.08.2014	Siste 7 døgn	Siste 30 døgn	Sum i valgt tidsperiode			
			Sum	Middel	Min	Maks
Vekstdøgn			107			
Lufttemperatur (°C)	15,6	18,2		14,3	1,7	23,1
Jordtemperatur (°C)	17,6	19,4		14,8	5,3	22,0
Nedbør (mm)	6,2	73,0	226,9			

Tabell 11: Tabellen viser klimastatistikk over tidsperioden kornprøvene var i jorda året 2015. Det er ikke tilgjengelig klimastatistikk for min-, middel- og makstemperatur (Lmt u.å.).

Klimastatistikk 2015						
Periode 28.04.2015-08.09.2015	Siste 7 døgn	Siste 30 døgn	Sum i valgt tidsperiode			
			Sum	Middel	Min	Maks
Vekstdøgn			127			
Lufttemperatur (°C)	10,8	13,9		12,1	3,5	21,4
Jordtemperatur (°C)	12,9	13,0				
Nedbør (mm)	86,9	120,8				

Som tabell 9, 10 og 11 viser, var lufttemperaturen i gjennomsnitt 14,4 °C i 2013, 14,3 °C i 2014 og 12,1 °C i 2015. Jordtemperaturen var i gjennomsnitt 14,5 °C i 2013 og 14,8 °C i 2014. Det er ikke tilgjengelig data for gjennomsnittlig jordtemperaturen i 2015. De siste 30 døgnene før høsting var nedbørsmengdene 84,2 mm i 2013, 73,0 mm i 2014 og 120,8 mm i 2015. Total nedbør i tidsperioden kornprøvene var i jorda året 2013 var 300,9 mm, og i 2014 var det totalt 226,9 mm. Ikke tilgjengelig data for 2015. Antall vekstdøgn var 119 døgn i 2013, 107 døgn i 2014, og 127 døgn i 2015.

4.2 Oversikt over prøvenummer, år, gjødslingsgrad og sort

Tabell 12: Oversikt over prøvenummer, år, gjødslingsgrad og sort.

Prøvenummer	År*	Gjødslingsgrad**	Sort
1	2013	A	Domen
2	2013	A	Quench
3	2013	B	Domen
4	2013	B	Quench
5	2013	C	Domen
6	2013	C	Quench
7	2013	D	Domen
8	2013	D	Quench
9	2014	A	Domen
10	2014	A	Quench
11	2014	B	Domen
12	2014	B	Quench
13	2014	C	Domen
14	2014	C	Quench
15	2014	D	Domen
16	2014	D	Quench
17	2015	A	Domen
18	2015	A	Quench
19	2015	B	Domen
20	2015	B	Quench
21	2015	C	Domen
22	2015	C	Quench
23	2015	D	Domen
24	2015	D	Quench

*Årstall kornprøvene ble dyrket.

** A: 6 kg N med NPK 19-4-12 (totalt 6 kg N)

B: 6 kg N med NPK 19-4-12 + 2 kg OPTI-NS (totalt 8 kg N)

C: 8 kg N med NPK 19-4-12 + 2 kg OPTI-NS (totalt 10 kg N)

D: 8 kg N med NPK 19-4-12 + 4 kg OPTI-NS (totalt 12 kg N)

I tabell 12 er hver prøve nummerert for å forenkle tabeller og diskusjon senere. Prøvene er delt inn etter årstallet de ble dyrket, gjødslingsgrad og sort.

4.3 Analyser bygg

4.3.1 Spireevne, vanninnhold og protein

Tabell 13: Oversikt over spireevne, vanninnhold og protein i byggprøvene.

Prøvenummer	Spireevne (%) (H ₂ O ₂)*	Vanninnhold (%)**	Protein (%)
1	90	12,9	9,22
2	97	13,0	8,00
3	93	13,2	9,65
4	98	12,7	7,9
5	95	12,4	9,88
6	96	12,9	8,56
7	93	12,4	11,19
8	98	12,1	9,18
9	96	12,1	10,55
10	96	12,0	9,67
11	97	12,5	10,71
12	94	12,3	9,45
13	97	12,5	11,34
14	96	12,4	9,95
15	96	11,9	12,74
16	98	11,9	10,86
17	98	11,8	8,63
18	97	11,7	7,32
19	98	11,7	8,73
20	98	12,0	7,43
21	99	11,6	8,73
22	99	11,7	8,00
23	95	11,4	9,24
24	99	11,5	7,86

* Resultatet er prosentandel spiredyktige korn av en mengde på 200 korn. H₂O₂ – hydrogenperoksidløsning.

** Til analyse av vanninnhold ble prøve 11-16 malt med en gammel kvern.

Tabell 13 viser en oversikt over spireevne, vanninnhold og proteininnhold i bygg. Spireevnen varierer mellom 90 % og 99 %, vanninnhold varierer mellom 11,4 % og 13,2 %, og proteininnholdet varierer mellom 7,32 % og 12,74 %.

4.4 Analyser malt

4.4.1 Vanninnhold, protein, løselig nitrogen og LNF

Tabell 14: Oversikt over vanninnhold, protein, løselig nitrogen og LNF i maltprøvene.

Prøvenummer	Vanninnhold (%)	Protein (%)	Løselig nitrogen (%)	LNF (%)*
1	2,7	8,49	1,15	85
2	2,6	7,03	1,10	98
3	2,8	8,48	1,19	88
4	3,2	7,50	1,07	89
5	3,2	9,61	1,10	72
6	3,1	7,52	1,15	96
7	3,2	9,25	1,08	73
8	3,1	7,98	1,16	91
9	3,3	9,90	1,25	79
10	3,2	8,80	1,20	85
11	3,3	9,61	1,23	80
12	2,8	8,28	1,19	90
13	3,2	10,22	1,34	82
14	3,0	9,07	1,27	88
15	3,2	11,80	1,34	71
16	2,9	10,07	1,27	79
17	3,2	7,60	1,01	83
18	3,0	6,57	0,90	86
19	3,3	8,11	0,98	76
20	3,2	6,65	0,78	73
21	3,1	7,71	1,00	81
22	3,2	7,19	0,79	69
23	3,2	8,45	1,09	81
24	3,2	7,44	0,84	71

* Løselig nitrogen forhold (LNF) er prosentandel løselig nitrogen av total nitrogen. Oversatt fra SNR (soluble nitrogen ratio), som benyttes i internasjonal sammenheng.

Tabell 14 viser en oversikt over vanninnhold, proteininnholdet, løselig nitrogen og LNF i malt. Vanninnhold varierer mellom 2,6 % og 3,3 %, proteininnhold varierer mellom 6,57 % og 11,8 %, løselig nitrogen varierer mellom 0,78 % og 1,34 %, og LNF varierer mellom 69 % og 98 %.

4.4.2 Maltingstap, viskositet, farge og ekstraktinnhold

Tabell 15: Oversikt over maltingstap, viskositet, farge og ekstraktinnhold i maltprøvene.

Prøvenummer	Maltingstap (%)	Viskositet (mPa·s)	Farge (EBC enhet)	Ekstraktinnhold (%)
1	18,2	3,43	7,15	83,6
2	18,2	1,92	6,75	85,5
3	17,8	3,15	6,95	82,7
4	16,9	1,97	7,18	85,1
5	16,4	3,90	6,65	82,1
6	16,9	2,14	7,25	87,0
7	15,6	3,73	4,80	82,1
8	17,3	2,00	6,95	86,0
9	16,9	2,86	7,45	85,2
10	17,8	2,18	7,85	85,1
11	17,3	2,67	7,13	82,2
12	19,9	2,01	7,05	85,7
13	18,7	2,52	7,73	83,1
14	19,9	1,94	5,88	85,9
15	18,7	2,58	7,15	83,1
16	19,9	2,38	6,80	85,8
17	17,8	2,96	6,10	85,1
18	15,6	2,41	5,85	85,9
19	16,4	3,03	6,13	82,2
20	15,6	2,80	4,83	85,1
21	16,9	3,11	6,15	83,0
22	15,1	2,86	3,90	85,1
23	17,3	3,12	5,85	85,1
24	15,6	2,86	4,63	86,1

Tabell 15 viser oversikt over maltingstap, viskositet, farge og ekstraktinnhold i malt.

Resultatene for maltingstap varierer mellom 15,1 % og 19,9 %, viskositet varierer mellom 1,92 mPa·s og 3,90 mPa·s, farge varierer mellom 3,90 EBC enheter og 7,73 EBC enheter, og ekstraktinnhold varierer mellom 82,1 % og 87,0 %.

4.4.3 Friabilitet og umodifiserte korn

Tabell 16: Oversikt over friabilitet og umodifiserte korn i maltprøvene.

Prøvenummer	Friabilitet (%)	Umodifiserte korn (%)
1	69,2	4,3
2	94,4	0,5
3	65,3	6,6
4	91,3	0,3
5	58,0	7,4
6	89,9	0,4
7	48,3	13,7
8	89,6	0,8
9	57,1	4,2
10	88,0	0,4
11	60,1	4,2
12	90,1	0,2
13	62,9	3,5
14	87,5	0,2
15	55,7	5,0
16	82,3	0,4
17	63,9	8,4
18	79,7	6,1
19	63,5	7,3
20	69,1	15,6
21	61,5	7,3
22	63,4	21,0
23	55,9	10,4
24	63,2	19,6

Tabell 16 viser at resultatene for friabilitet varierer mellom 48,3 % og 94,4 %, og umodifiserte korn varierer mellom 0,2 % og 21,0 %.

4.4.4 Filtrering og forsukringstid

Det var ikke forskjell på prøvene når det gjelder filtreringshastighet og forsukringstid i mesken. Filtreringen fikk betegnelsen "sakte" for alle prøvene. Sakte er betegnelse på at filtreringen varte i mer enn én time. Forsukringstid fikk betegnelsen "under 10 minutter" for alle prøvene. Se punkt 3.3.1 for forklaring av resultatet.

4.6 Statistiske data

4.6.1 Variansanalyse

4.6.1.1 Enveis variansanalyse

Tabell 17: Tabellen viser en oversikt over signifikante forskjeller mellom sortene Domen og Quench, og mellom årene 2013, 2014 og 2015, for hvert parameter som ble analysert.

Parameter	Signifikant forskjell mellom Domen og Quench			Signifikant forskjell mellom årene 2013, 2014 og 2015		
	Ja	Nei	p-verdi	Ja	Nei	p-verdi
Spireevne bygg		x	0,078	x		0,024
Vanninnhold	Bygg		0,938	x		<0,001
	Malt		0,217		x	0,149
Proteininnhold	Bygg	x	0,011	x		<0,001
	Malt	x	0,012	x		<0,001
Farge		x	0,408	x		<0,001
Løselig nitrogen		x	0,190	x		<0,001
LNF		x	0,105		x	0,075
Friabilitet	x		<0,001		x	0,308
Umodifiserte korn		x	0,586	x		<0,001
Viskositet	x		<0,001		x	0,183
Maltingstap		x	0,921	x		<0,001
Ekstraktinnhold	x		<0,001		x	0,860
Forsukringstid		x	-		x	-
Filtrering		x	-		x	-

- = Ikke utført statistisk analyse på grunn av at alle prøver hadde likt resultat.

Tabell 17 viser en oversikt over signifikante forskjeller mellom sortene Domen og Quench, og mellom årene 2013, 2014 og 2015, for hvert parameter som ble analysert. p-verdi forteller om det er signifikant forskjell, og med hvilken sikkerhetsgrad. Som tabellen viser var det signifikant forskjell mellom Domen og Quench, i 5 av 15 parametere. Mellom årene var det signifikant forskjell på 8 av 15 parametere.

Tabell 18: Tabellen viser en oversikt over p-verdi mellom gjødslingsgradene A, B, C og D, for hvert parameter som ble analysert.

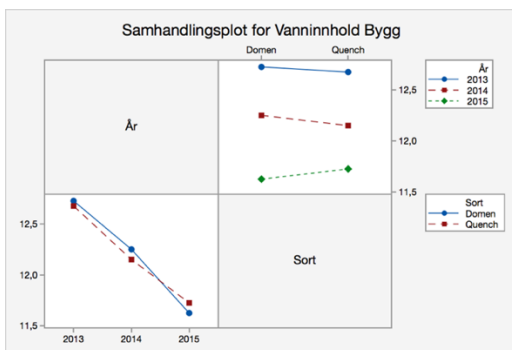
Parameter	p-verdi	
Spireevne bygg	0,795	
Vanninnhold	Bygg	0,313
	Malt	0,627
Proteininnhold	Bygg	0,364
	Malt	0,433
Farge	0,572	
Løselig nitrogen	0,951	
LNF	0,364	
Friabilitet	0,709	
Umodifiserte korn	0,693	
Viskositet	0,946	
Maltingstap	0,999	
Ekstraktinnhold	0,580	
Forsukringstid	-	
Filtrering	-	

- = Ikke utført analyse på grunn av at alle prøver hadde likt resultat.

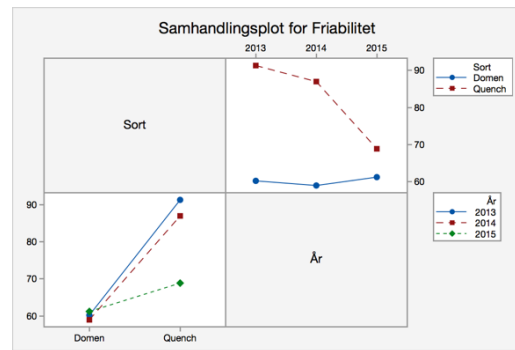
Som tabell 18 viser var det ikke signifikant forskjell mellom gjødslingsgradene for noen av parameterne.

4.6.1.2 Samhandlingsplot

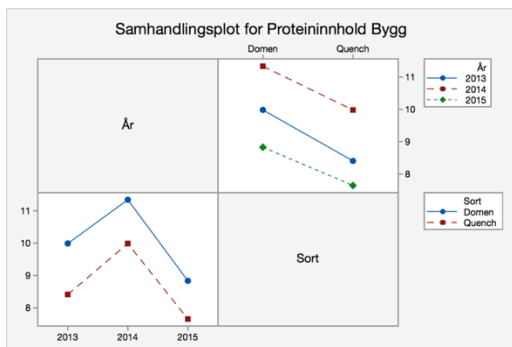
Figur 6-12 viser samhandlingsplot for vanninnhold i bygg, friabilitet, proteininnhold i bygg og malt, løselig nitrogen, viskositet og ekstraktinnhold. Samhandlingsplot viser sammenhengen mellom prøvene Quench og Domen, og mellom årene 2013, 2014 og 2015.



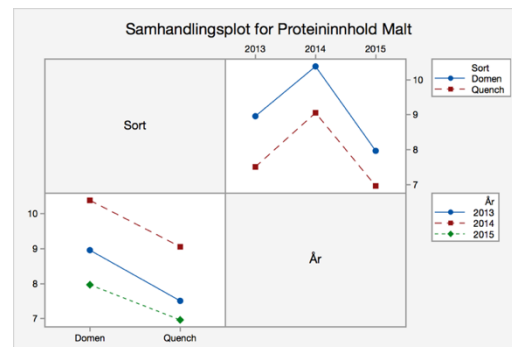
Figur 6: Samhandlingsplot for vanninnhold i bygg.



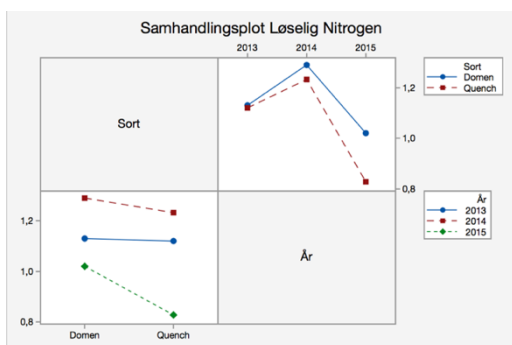
Figur 7: Samhandlingsplot for friabilitet.



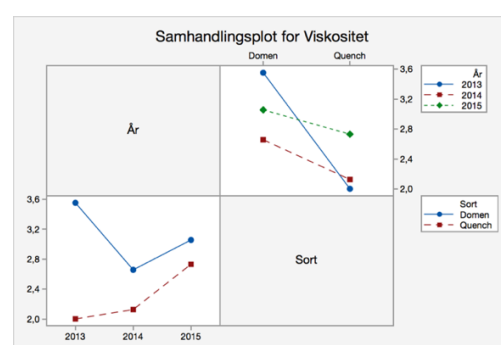
Figur 8: Samhandlingsplot for proteininnhold i bygg.



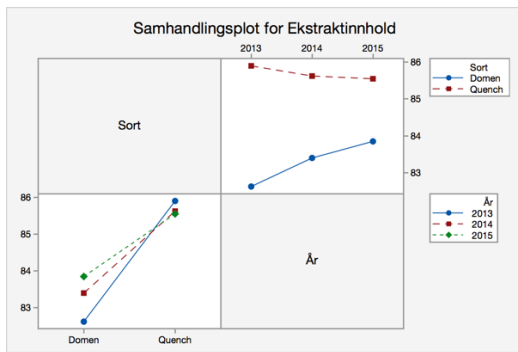
Figur 9: Samhandlingsplot for proteininnhold i malt.



Figur 10: Samhandlingsplot for løselig nitrogen.

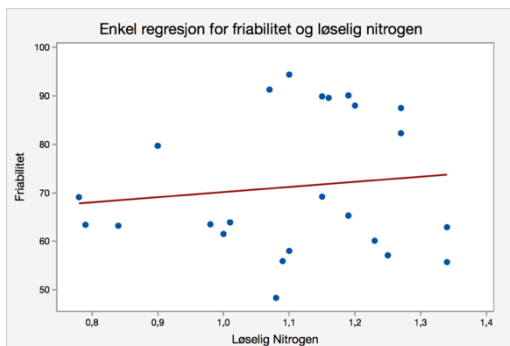


Figur 11: Figuren viser samhandlingsplot for viskositet.



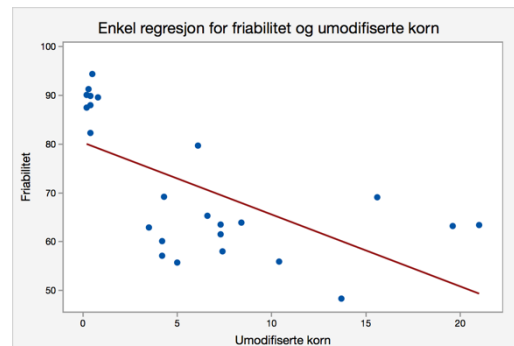
Figur 12: Samhandlingsplot for ekstraktinnhold.

4.6.2 Regresjon



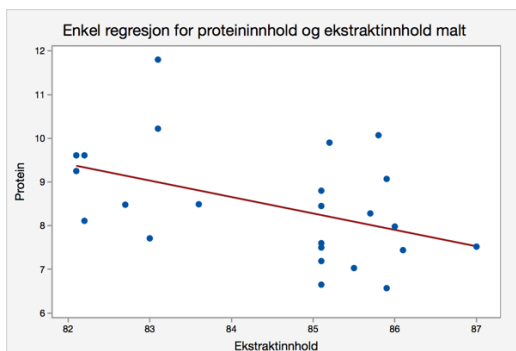
Korrelasjonsverdi: 0,118

Figur 13: Figuren ovenfor viser enkel regresjon og korrelasjon for friabilitet og løselig nitrogen.



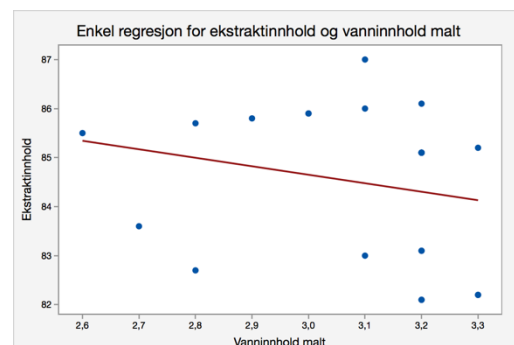
Korrelasjonsverdi: -0,633

Figur 14: Figuren ovenfor viser enkel regresjon og korrelasjon for friabilitet og umodifiserte korn.



Korrelasjonsverdi: -0,451

Figur 15: Enkel regresjon og korrelasjon mellom proteininnhold og ekstraktinnhold til malt.



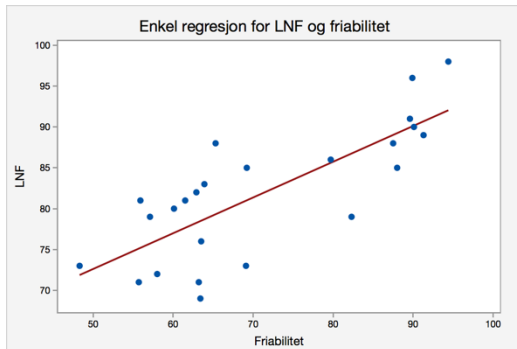
Korrelasjonsverdi: -0,221

Figur 16: Enkel regresjon og korrelasjon mellom ekstraktinnhold og vanninnhold malt.

Figur 13, 15 og 16 viser enkel regresjon og korrelasjon mellom friabilitet og løselig nitrogen, ekstraktinnhold og vanninnhold malt, og proteininnhold i malt og ekstraktinnhold.

Regresjonen viser at det ikke er noen sammenheng mellom parameterne. Det er ikke noen større samling av prøvene, men de er spredd utover hele plotet. I figur 14 vises enkel

regresjon og korrelasjon mellom friabilitet og umodifiserte korn. Negativ korrelasjonsverdi på $-0,633$ viser liten sammenheng, men spesielt åtte av prøvene viser en sammenheng mellom parameterne.



Korrelasjonsverdi: $0,776$

Figur 17: Enkel regresjon og korrelasjon mellom LNF og friabilitet.

Figur 17 viser enkel regresjon og korrelasjon mellom LNF og friabilitet. Korrelasjonsverdi på $0,776$ viser en viss sammenheng.

5.0 Diskusjon

5.1 Klimastatistikk

2015 var et vanskelig år med problematiske værforhold. Klimastatistikken for 2015 (tabell 11) viser at det var markant mer nedbør de siste 30 døgn før høsting, og middeltemperaturen i lufta var mye lavere (mer enn 2 °C) enn årene 2013 og 2014. Det falt 86,9 mm nedbør de siste 7 døgnene før høsting i 2015. Årene 2013 (tabell 9) og 2014 (tabell 10) falt det henholdsvis 0,0 mm og 6,2 mm. Lufttemperaturen de siste 7 døgnene i 2013, 2014 og 2015 var 14,8 °C, 15,6 °C og 10,8 °C. Forskjeller i værforhold og nedbør er trolig en av årsakene til ulike resultater mellom årene og sortene hos flere av parameterne.

5.2 Sådato og høstedata

Sortene er høstet på forskjellige tidspunkt for å få et mest mulig optimalt vanninnhold i kornet ved høsting. Som datoene i tabell 8 viser, ble kornet høstet senere i 2015, enn årene 2013 og 2014. Store nedbørsmengder høsten 2015 gjorde at innhøstingen ble utsatt så lenge som mulig. Derfor ble kornet i 2015 høstet 24 dager senere enn 2014, og 9 dager senere enn år 2013 (personlig meddelse Mauritz Åssveen 2016).

5.3 Spireevne bygg

Resultatene fra enveis variansanalyse er vist i tabell 17. Med en p-verdi på 0,078 er det ikke signifikant forskjell mellom sortene Domen og Quench. Med p-verdi på 0,024 kan det med 95 % sikkerhet sies at det er forskjell i spireevne mellom årene 2013, 2014 og 2015. Som nevnt i teoridelen (pkt. 2.1) bør spireevnen være > 98 %. Seks av åtte prøver har spireevne over 98 % året 2015. Prøve 18 og 23 har lavere verdi med henholdsvis 97 % og 95 %. I 2014 har kun én av åtte prøver, høyere spireevne enn 98 %. Det var prøve 16. Året 2013 har to av åtte prøver (prøve 4 og 8) minst 98 % spireevne. Som nevnt i materialer og metoder (pkt. 3.1) har kornprøvene forskjellig lagringstid før analyse. Siden kornprøvene fra 2015 viste bedre spireevne enn prøvene fra 2014 og 2013, kan lagringstiden ha hatt innvirkning på resultatet. Khokonova et al. (2015) fant ut at spireevnen ble bedre ved lagring i 13 måneder, enn etter fem måneder. På tross av dette viser kornprøvene fra 2015 (lagret i ca. 5 måneder før analyse) god spireevne. Kornprøvene fra år 2013 og 2014 var lagret i henholdsvis 2 ½ år

og 1 ½ år. I henhold til hva Guberac et al. (2002) fant ut, blir spireevnen lavere ved langtidslagring, og lagringstiden kan derfor ha påvirket spireevnen.

5.4 Vanninnhold bygg og malt

Vanninnhold ble ikke analysert under støpning, spiring eller kjølling, men i byggprøvene før malting, og i ferdig malt, ble det utført analyser. Analyseresultatene viser at alle byggprøvene hadde et vanninnhold mellom 11,4 % og 13,2 %. Med et anbefalt vanninnhold på maks 10 % ved langtidslagring (> 3 måneder), kunne kornprøvene blitt tørket noe mer før lagring. Kornet kan ha holdt respirasjonsprosessen i gang, og dermed brukt oksygen, tapt tørrstoff, og utviklet karbondioksid, vann og varme. Samhandlingsplot i figur 6 viser stor forskjell mellom årene, men mellom sortene er det veldig liten forskjell. Variansanalysen (tabell 17) viser at det er signifikant forskjell mellom årene med over 99 % sikkerhet (p-verdi <0,001). Prøvene fra år 2013 hadde høyest vanninnhold i bygg, og prøvene fra 2015 hadde lavest vanninnhold. Kornprøvene ble tørket umiddelbart etter innhøsting, og forskjeller i vanninnhold kan være på grunn av forskjellig vanninnhold ved innhøsting, før tørking. Ved tørking var det ønskelig med et vanninnhold mellom 10-13 %. Det ble derfor ikke utført kontrollert tørking til et bestemt vanninnhold, men til et bestemt område. Dette kan også være en årsak til ulikt vanninnhold mellom årene. p-verdi for variansanalyse av sortene var 0,938. Det betyr at Domen og Quench har tilnærmet like verdier.

Når det gjelder vanninnhold i malt var verdiene mellom 2,6 % og 3,3 %. Som nevnt i teorien (pkt. 2.9) oppgis det ulike verdier for normalt vanninnhold i malt, men mellom 2-5 % er vanlig. Maltet har derfor akseptabelt vanninnhold. Tørkeprogrammet som ble benyttet gikk opp til 95 °C, og er en årsak til forholdsvis lavt vanninnhold. Dersom det hadde blitt benyttet en lavere temperatur, og eller tørketid, ville trolig vanninnholdet blitt høyere.

Variansanalysen for vanninnhold i malt viser ingen signifikant forskjell mellom verken sort eller år.

5.5 Proteininnhold bygg og malt

Variansanalyse for proteininnhold i bygg (se tabell 17) viser signifikant forskjell mellom både sort og år. Med en p-verdi på <0,001 er det med 99 % sikkerhet signifikant forskjell mellom

årene. Variansanalyse av sortene ga en p-verdi på 0,011, og med 95 % sikkerhet er det signifikant forskjell mellom Domen og Quench. Proteininnholdet i byggprøvene var best år 2014. Kun prøve 15 hadde høyere proteininnhold enn optimalt (12,74 %). År 2015 hadde én av åtte prøver ønskelig proteininnhold, og i 2013 hadde fem av åtte prøver ønskelig verdi. 8 av 12 prøver fra Domen hadde optimalt proteininnhold. Syv av de åtte prøvene var fra årene 2013 og 2014. Hos Quench hadde 5 av 12 prøver optimalt innhold, hvor alle fire prøvene fra 2014 var innenfor ønskelig verdi.

Enveis variansanalyse for proteininnhold i malt er vist i tabell 17. Med en p-verdi på 0,012 kan det med 95 % sikkerhet sies at det er signifikant forskjell mellom sortene Domen og Quench. Domen har signifikant høyere proteininnhold enn Quench. Med en p-verdi på <0,001 mellom årene er det signifikant forskjell med 99 % sikkerhet. Som nevnt i teorien (pkt. 2.3) er ønsket proteininnhold i Pale Ale malt noe omdiskutert, og trolig forskjellig for hvert malteri. Maltprøvene har et proteininnhold mellom 6,57 og 11,80 %. Med et optimalt innhold omtrent mellom 8,75 – 11,70 %, er mange prøver utenfor ønsket verdi. Prøve 1-4, 6, 8, 12, 15 og 17-24 er utenfor. 7 av prøvene er Domen, og 9 prøver er Quench. Det vil si 5 av 12 prøver fra Domen, og 3 av 12 prøver fra Quench, har ønskelig proteininnhold i maltet. Kun én prøve inneholder høyere proteininnhold enn ønskelig (Prøve 15 med 11,80 %). De 15 andre prøvene som er utenfor ønsket proteininnhold, har lavere verdi enn 8,75 %. Prøve 17-24 er fra kornåret 2015. Ingen prøver fra dette året har ønsket proteininnhold. Siden 2015 var et problematisk kornår, er trolig værforhold og nedbør årsaken til det lave proteininnholdet dette året. Forskjellen mellom årene og sortene, vises tydelig i samhandlingsplot i figur 8 og 9.

5.6 Løselig nitrogen

Variansanalyse for løselig nitrogen vises i tabell 17. Det er ikke signifikant forskjell mellom sortene, men mellom årene er det signifikant forskjell med en p-verdi på <0,001. Samhandlingsplot i figur 10, viser forskjellen mellom årene tydelig. År 2015 har gjennomsnittlig lavere verdi enn 2013 og 2014. I henhold til teorien (pkt. 2.2) har derimot alle 24 prøver for høyt innhold av løselig nitrogen. Løselig nitrogen har sammenheng med

proteininnhold. Og likedan som proteininnhold, er trolig værforhold og nedbør årsaken til lavere innhold i 2015.

Som nevnt i teoridelen (pkt. 2.2.3) har løselig nitrogeninnhold sammenheng med modifisering av maltet. Undermodifisert malt har vanligvis lavere løselig nitrogeninnhold, og overmodifisert malt har høyere løselig nitrogeninnhold. Enkel regresjon i figur 13 viser oversikt over sammenheng mellom friabilitet og løselig nitrogen. Ved ønsket sammenheng mellom parameterne skal punktene samle seg opp til høyre eller ned til venstre. Som regresjonen (se figur 13) viser er det ikke noen større samling av prøvene, men de er spredd utover hele plotet. Korrelasjonsverdien på 0,118 beviser dette. Resultatene for friabilitet er derimot ikke til å stole på, siden vanninnhold i maltet var lavere enn metoden tilsier, og kan ha påvirket resultatet. Høyt innhold av løselig nitrogen kan også ha sammenheng med stort vanninnhold i kornet under støpningsprosessen (se pkt. 2.4). Siden vanninnhold under støpningsprosessen ikke ble målt i dette forsøket, er det ikke mulig å vurdere sammenhengen mellom vanninnhold og løselig nitrogen.

5.7 Prosentandel løselig nitrogen av total nitrogen (LNF)

Analyse av LNF (tabell 14) viser resultater mellom 69-98 %. Som nevnt i teorien (pkt. 2.2.3) er 38-42 % vanlig. LNF er en indikator på grad av modifisering, hvor høyere LNF indikerer mer modifikasjon. Modifikasjon ble i denne oppgaven analysert gjennom friabilitet. Enkel regresjon i figur 17, viser at det er en viss sammenheng mellom LNF og friabilitet. Korrelasjonsverdi på 0,776, og at punktene ligger nære den lineære linjen, beviser dette. Resultatene for friabilitet er derimot ikke til å stole på, siden vanninnhold i maltet var lavere enn metoden tilsier, og kan ha påvirket resultatet. Variansanalysen i tabell 17 viser p-verdi på 0,105 for sort, og en p-verdi på 0,075 for år. Det betyr at det ikke er funnet signifikante forskjeller verken mellom sortene eller mellom årene.

5.8 Friabilitet

EBC-metoden som ble benyttet til å bestemme friabilitet er utviklet til malt med et vanninnhold på 3,5-5 %. Maltet som ble benyttet i denne oppgaven hadde et vanninnhold i

området 2,6-3,3 %. Det vil si prøvene hadde for lavt vanninnhold i henhold til metoden som ble benyttet. Det kan ha påvirket resultatet.

I tabell 18 vises resultatene fra analysen av maltprøvene. Med laveste verdi på 48,3 % og høyeste verdi 94,4 % er forskjellene veldig store. Noe av årsaken kan være lavt vanninnhold i maltprøvene. Som nevnt i teorien (pkt. 2.2.3) bør malt ha en analyseverdi > 85 % friabilitet for å klassifiseres som god malt. Ingen prøver fra verken Domen eller Quench fra året 2015 er over 85 %. Siden 2015 var et problematisk kornår, kan værforhold og nedbør være en årsak til lavere friabilitet. Quench innfrir kravet i alle prøver fra 2013 og 2014, med unntak av én prøve (prøve 16). Det er ikke signifikant forskjell mellom årene (p-verdi 0,308). Forskjellen er derimot veldig stor mellom sortene. p-verdi på $<0,001$ (se tabell 17) viser med over 99 % sikkerhet at Quench har signifikant høyere verdi enn Domen. Samhandlingsplot i figur 7 viser forskjellen på Quench og Domen. Forskjellene er tydelige alle årene, men spesielt i 2013 og 2014. 69,2 % er høyeste verdi for Domen, som dermed er langt fra å innfri ønsket friabilitet på > 85 %.

5.9 Umodifiserte korn

Variansanalyse av umodifiserte korn vises i tabell 17. p-verdi ($<0,001$) viser signifikant forskjell med over 99 % sikkerhet mellom årene. År 2015 viste svakest resultat med høyest andel umodifiserte korn. 2014 var det beste året med lavest andel umodifiserte korn. Med en p-verdi på 0,586 er det ikke signifikant forskjell mellom sortene. Siden umodifiserte korn er en del av friabilitetsanalysen, henger de to parameterne sammen. Korrelasjon og enkel regresjon mellom friabilitet og umodifiserte korn vises i figur 14. En negativ korrelasjon på -0,633 er en forholdsvis lav korrelasjonsverdi, og det er ingen betydelig sammenheng mellom parameterne. Quench viser likevel sammenheng årene 2013 og 2014. Som den enkle regresjonen viser, ligger flere av punktene høyt opp, og til venstre i plotet. Det er spesielt åtte prøver som ligger tett samlet, og utmerker seg med høy friabilitet og lav andel umodifiserte korn. De åtte prøvene er 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14 og 16. Alle disse prøvene er Quench fra år 2013 og 2014. De tre prøvene med høyest andel umodifiserte korn er 20, 22 og 24, som er Quench fra år 2015. Det problematiske kornåret 2015 er trolig årsaken til denne forandringen.

5.10 Farge

Variansanalyse av sortene (se tabell 17) viser med en p-verdi på 0,408, at det ikke er signifikant forskjell mellom Domen og Quench. p-verdi ($<0,001$) viser signifikant forskjell med over 99 % sikkerhet mellom årene. 2015 var det beste året. Syv av åtte prøver hadde ønskelig farge. Kun prøve 22 hadde lavere farge enn ønskelig. Kun én prøve (prøve 7) fra år 2013, og én prøve (prøve 14) fra år 2014, har ønsket farge. Som nevnt i teorien (pkt. 2.2.4) har kjøllinga stor innvirkning på farge til det ferdige maltet. Siden det ble benyttet temperaturer opp til 95 °C, har noen av prøvene en sterkere farge enn ønsket. Pale Ale malt fra Viking Malt og Briess, skal ha en farge på henholdsvis 4,5-6 og 6,5 EBC fargeenheter. Prøve 1-6, 8-13, 15-16 og 22 er utenfor det ønskelige området. 14 av disse 15 prøvene, har sterkere farge enn 6,5 fargeenheter. Kun prøve 22 har lavere med 3,90 fargeenheter. De ni prøvene 7, 14, 17-21, 23 og 24 har ønsket farge.

5.11 Viskositet

Prøvene hadde en viskositet i området 1,92-3,90 mPa·s. I henhold til Nielsen og Munch (2003) kan viskositeten variere mellom 1,48-2,14 mPa·s. Severa et al. (2009) fant ut at viskositeten varierer mellom 1,75-2,05 mPa·s. Verdier i tilnærmet samme området fant også Briggs et al. (2004), og Lu og Li (2005). The Institute and Guild of Brewing (2002) mener derimot at Lagermalt bør ha viskositet på 1,55-1,65 mPa·s. Variansanalysen i tabell 17 viser med 99 % sikkerhet (p-verdi $<0,001$) signifikant forskjell mellom Domen og Quench. Quench viste signifikant bedre resultater enn Domen, men kun seks prøver fra Quench hadde ønskelig viskositet (1,48-2,14 mPa·s). Ingen av prøvene til Domen hadde ønskelig viskositet. Det er ikke funnet signifikant forskjell mellom årene. Som nevnt i teorien (pkt. 2.4) kan høy viskositet føre til komplikasjoner ved filtrering av øl, og dermed uklarhet i det ferdige ølet.

5.12 Maltingstap

Som nevnt i teorien (pkt. 2.1) er det totale tapet ved malting av bygg, vanligvis mellom 6-12 %. Prøvene viser et maltingstap på 15,6-19,9 %. Det er et større maltingstap enn vanlig i godt kontrollerte maltingsanlegg. En årsak kan være liten prøvemengde, som gir store utslag ved

tap av noen få korn. I løpet av maltingsprosessen var det flere manuelle operasjoner og forflytninger, som kan ha ført til tap av noen korn. Variansanalysen i tabell 17 viser signifikant forskjell mellom årene, men ikke mellom sortene. Med en p-verdi på $<0,001$ er det med over 99 % sikkerhet forskjell mellom årene 2013, 2014 og 2015. 2014 hadde høyest maltingstap, og 2015 hadde lavest.

5.13 Meskebad

5.13.1 Ekstraktinnhold

Som nevnt i teoridelen (pkt. 2.4) er høyt ekstraktinnhold viktig for malterne. Minimum 80 % ekstraktinnhold er vanlig for Pale Ale malt fra vanlig 2-radsbygg. Variansanalysen (tabell 17) viser signifikant forskjell (p-verdi $<0,001$) mellom sortene Domen og Quench. Med en p-verdi på 0,860 er det ikke funnet signifikant forskjell mellom årene. Samhandlingsplot i figur 12 viser dette tydelig. Quench har høyere ekstraktinnhold enn Domen, men siden alle prøvene har et ekstraktinnhold på minimum 82,1 %, har alle prøvene akseptabel verdi.

I henhold til teorien (pkt. 2.3) skal høyt ekstraktinnhold ha sammenheng med høyt proteininnhold. Den negative korrelasjonsverdien på -0,451, og enkel regresjon i figur 15, viser at det ikke er sammenheng mellom parameterne. Dersom det hadde vært sammenheng ville punktene holdt seg høyt opp mot høyre, eller ned mot venstre i plotet. Lavere vanninnhold i maltet skal også gi høyere ekstraktinnhold (se pkt. 2.4). I figur 16 vises korrelasjonsverdi og enkel regresjon mellom vanninnhold i malt og ekstraktinnhold. Med en negativ korrelasjonsverdi på -0,221 er det ingen sammenheng mellom parameterne.

5.13.2 Forsukringstid og filtrering

I dette forsøket var det ingen forskjell mellom prøvenes filtreringshastighet eller forsukringstid. Filtreringen fikk betegnelsen "sakte" for alle prøvene, og forsukringstid fikk betegnelsen "under 10 minutter" for alle prøvene. Som nevnt i teorien (pkt. 2.4) er vanlig forsukringstid 10-15 minutter. Resultatet for forsukringstid viser at enzymene bryter ned stivelsen som ønsket. Som nevnt i teorien (pkt. 2.2.4) øker forsukringstid og filtreringstid med høyere herdingstemperatur under kjøllinga. Det har også noe å si hvordan

vanninnholdet i maltet er når herdingen starter. Det ble ikke benyttet spesielt høy herdingstemperatur (95 °C) under kjøllinga, men vanninnhold i maltet før kjølling, kan ha vært ganske tørt. Vanninnhold ble ikke målt før kjølling, men vanninnhold i det ferdige maltet var lavt (2,6-3,3 %).

5.14 Gjødslingsgrad

Variansanalysen (tabell 18) viste ingen signifikant forskjell mellom gjødslingsgradene i noen av de analyserte parameterne.

5.15 Støpning- og spireprogram

Programmet som ble benyttet har tatt utgangspunkt i flere artikler (Dong et al. 2013, Zhao et al. 2005, Edney et al. 2014, Gianinetti et al. 2005, Bravi et al. 2012, Embiri et al., 2003, Frank et al., 2010). Artiklene har benyttet forskjellige programmer, og det har blitt tatt en vurdering ut fra de. Til slutt falt valget på programmet som Hugh Alexander fra firmaet Custom Laboratory Products hadde utformet. Custom Laboratory Products har levert anlegget til NMBU, og Hugh Alexander har vært representant for firmaet, og kommet med forslag til Pale Ale program. For å få sammenlignbare resultater og en mest mulig lik maltingsprosess, ble det benyttet samme støpning-, spire- og kjølletid, og temperatur, på alle prøvene. Hadde hver kornsort blitt maltet hver for seg, og fått sine krav optimalisert, er det sannsynlig at noen av kornprøvene hadde gitt malt med jevnere og bedre kvalitet.

5.16 Kjølleprogram

Resultatene fra parameterne vanninnhold i malt, og farge, kan tyde på at det ble benyttet noe høyere temperatur enn ønskelig. Samtidig utføres kjølling for å sikre et stabilt og tørt produkt, for sikker lagring, og for at produktet skal være lettsmuldrende og lett å male ved kverning. Lavt vanninnholdet i prøvene har bidratt til dette. Dersom det hadde blitt analysert diastase enzymer i maltet, hadde det vært lettere å vurdere programmet. Som nevnt i teoridelen (pkt. 2.2.4) blir enzymene inaktivert ved høyere temperaturer, og analyse av

enzymene kunne ha gitt et svar på om kjølleprogrammet favoriserte overlevelse av enzymene.

6.0 Konklusjon

Mellom sortene Domen og Quench er det signifikant forskjell i 5 av 15 parametere. To av de viktigste parameterne, proteininnhold og ekstraktinnhold, viser signifikant forskjell mellom sortene. Domen har signifikant høyere innhold av protein i malt, men kun 5 av 12 prøver fra Domen, og 3 av 12 prøver fra Quench har ønskelig proteininnhold. Det er ikke funnet signifikant forskjell mellom gjødslingsgrad for proteininnhold, eller noen av de andre parameterne. Quench har signifikant høyere ekstraktinnhold enn Domen, men siden alle prøvene har et ekstraktinnhold på minimum 82,1 %, er alle prøvene innenfor akseptabel verdi. Verken Domen eller Quench skiller seg ut, og er vesentlig bedre enn den andre i dette forsøket. Mellom årene 2013, 2014 og 2015 er det signifikant forskjell på 8 av 15 parametere. 2015 var et problematisk kornår med vanskelige værforhold, og mye nedbør. De andre to årene var mer normale. Noen av resultatene bar preg av det. Ekstraktinnhold, proteininnhold i byggsorten Domen, og friabilitet hos Quench var akseptabelt i 2013. Proteininnhold i bygg og malt, ekstraktinnhold, og friabilitet hos Quench, var akseptabelt i 2014. Spireevne, farge og ekstraktinnhold var akseptabelt i 2015. Alle årene har noen parametere som er bedre enn de andre årene, men ingen av årene skilte seg ut med flere gode resultater.

7.0 Forskning og videre arbeid

På 2000-tallet har det vært utført to masteroppgaver, og et prosjekt i Vestfold, med lignende problemstilling. Aune og Haug (2003) undersøkte maltkvalitet av norskdyrket korn. De undersøkte fem byggsorter og én hvetesort. Konklusjonen ble at ingen av kornsortene egner seg til ølproduksjon. Årsaken var ujevn og dårlig kvalitet. Solberg (2000) undersøkte egnetheten til byggsorter, dyrket i Norge, til produksjon av malt og øl. Det ble testet seks byggsorter, og produsert lys Pilsnermalt. Konklusjonen ble at ingen av sortene er tilfredsstillende egnet til produksjon av malt. Prosjektet i Vestfold undersøkte maltkvaliteten til fire byggsorter. Sorten Barke fikk klart best resultat. Det ble konkludert med at det kan fremstilles malt av høy kvalitet fra norskdyrket bygg. Klimaet i Vestfold er godt nok til å kunne dyrke de beste nordeuropeiske sortene (Randby 2003).

For over 60 år siden ble det også utført flere forsøk med norskdyrket bygg til malting. I følge Ljones (1962) ble det utført flere forsøk mellom 1930-1960. Under forsøk i 1930-1932, viste Maskinbygg og Opal beste maltbyggegenskaper. Under forsøk i 1940-årene viste Herse tilfredsstillende maltbyggegenskaper, og fra forsøk i 1950-årene viste Domen fremragende maltbyggkvalitet. Bjaanes (1960) fant ut at Domen var en selvskreven sort til malting sør for Dovrefjell, og ble beskrevet som en sort med usedvanlig gode maltbyggegenskaper.

For å finne ut om norskdyrket bygg kan gi god maltkvalitet, må det ytterligere forskning til. Tidligere forskning, og dette forsøket, viser at klima og værforhold gir utfordringer, som gjør det vanskelig å få jevnt, god kvalitet på råstoffet hvert år. Prosjektet i Vestfold viser derimot at det er mulig å fremstille malt av høy kvalitet. I denne oppgaven viste alle prøvene bra ekstraktinnhold, som er en av de viktigste parameterne. Ved videre arbeid basert på dette forsøket, kan det være interessant å utføre forsøk hvor hver kornsort blir maltet under optimaliserte forhold. Kornprøvene kan da gi malt med jevnere og bedre kvalitet.

8.0 Referanser

Agropub, u.å., *Kulturstorter – hvorfor?* [http://www.agropub.no/asset/2367/1/2367_1.pdf]

Analytica EBC, 2014, *Metodebeskrivelser maltanalyser*

Aune, T. B., Haug, T. V., 2003, *Maltkvalitet av norskdyrket korn*, Hovedoppgave ved Institutt for næringsmiddelfag, Ås - NLH

Bioforsk, u.å., *NORSKØL. Norsk malt, humle og urter – smaken av norsk øl (Norwegian malt, hops and herbs – The taste of Norwegian beer)*

[http://www.bioforsk.no/ikbViewer/page/tjenester/prosjekt?p_document_id=111222]

Bioforsk, 2012, *Vil brygge på norsk bygg*

[http://www.bioforsk.no/ikbViewer/page/forside/nyhet?p_document_id=100362#]

Bioforsk, 2014, *Kornarter og sorter, Sorter og sortsprøving*, Jord- og Plantekultur 2015,

[http://www.bioforsk.no/ikbViewer/Content/122937/5_KornarterOgSorter_SorterOgSortsproving2014.pdf]

Bjaanes, M., 1960, *Forsøk med byggsorter*, Rådet for jord- bruksforsøk. Melding nr. 21

Bravi, E., Marconi, O., Perretti, G., Fantozzi, P., 2012, *Influence of barley variety and malting process on lipid content of malt*, Department of Economic and Food Sciences, Section of Food Technology and Biotechnology

Briess Malt & Ingredients Co., u.å., *Malting 101 The Malting Process*,

[http://www.brewingwithbriess.com/Malting101/The_Malting_Process.htm]

Briess Malt & Ingredients Co., 2016, *Pale Ale Malt*, Product Information & Typical Analysis,

[http://www.brewingwithbriess.com/Assets/PDFs/Briess_PISB_PaleAleMalt.pdf]

Briggs, D. E., Brookens, P. A., Stevens, R., Boulton, A. C., 2004, *Brewing: Science and Practice*, Woodhead Publishing Limited, ISBN 1 85573 906 2

Briggs, D.E., 1998, *Malts and Malting*, 1.utg. Blackie Academic & Professional, ISBN 0-412-29800-7

Custom Laboratory Products, 2016, *Micromaltings – 4SG Steep Germinator*,
[<http://www.customlab.co.uk/products/steep-germinator/>]

Department of Agriculture, u.å., *Spring Barley 2014*, Food and the Marine

Dong, L., Piao, Y., Zhang, X., Zhao, C., Hou, Y., Shi, Z., 2013, *Analysis of volatile compounds from a malting process using headspace solid-phase micro-extraction and GC-MS*, Food Research International

Edney, M. J., MacLeod, L., LaBerge, D. E., 2014, *Evolution of quality testing program for improving malting barley in Canada*, Grain Research Laboratory, Canadian Grain Commission

Emebiri, L. C., Moody, D. B., Panozzo, J. F., Read, B. J., 2003, *Mapping of QTL for malting quality attributes in barley based on a cross of parents with low grain protein concentration*, Department of Primary Industries, Research and Development Division

Frank, T., Scholz, B., Peter, S., Engel, K. H., 2010, *Metabolite profiling of barley: Influence of the malting process*, Lehrstuhl für Lebensmitteltechnologie, Technische Universität München

Randby, J., 2003, *Malt - Produksjons- og markedsmuligheter for maltproduksjon i Vestfold*, Fylkesmannen i Vestfold, Rapport forprosjekt, Tiltak 4-02 i Strategisk plan for landbruks- og bygdeutvikling i Vestfold (SPLB)

Gianinetti, A., Toffoli, F., Cavallero, A., Delogu, G., Stanca, A. M., 2005, *Improving discrimination for malting quality in barley breeding programmes*, Experimental Institute for Cereal Research

Guberac, V., Maric, S., Lalic, A., Drezner, G., Zdunic, Z., 2002, *Hermetically Sealed Storage of Cereal Seeds and its Influence on Vigour and Germination*, University of Josip Juraj

Strossmayer, Faculty of Agriculture in Osijek

Hoff, S., Lund, M N., Petersen, M A., Jespersen, B M., Andersen, M. L., 2014, *Quality of pilsner malt and roasted malt during storage*, Journal of The Institute of Brewing

How to Brew, u.å., [<http://howtobrew.com/assets/img/assets/f69.gif>]

Isterra, u.å., *Quench* [http://www.isterra-seeds.com/en_sk/termek/tavaszi-arpa/quench-5]

Khokonova, M. B., Karashaeva, A. S., Zavalin, A. A., 2015, *Quality of Brewing Malt Depending on the Storage Conditions of Barley*, Russian Agricultural Sciences

LandbruksMeteorologisk Tjeneste Nibio, u.å., *Apelsvoll målestasjon*

[http://lmt.nibio.no/weatherstations/11/chart?log_interval=1]

Ljones, B., Nisse, Ø., Uhlen, G., 1962, *Forskning og forsøk i landbruket*, Bind 13, Research in Norwegian Agriculture, Volume 13, Kontoret for landbruksforskning

Lowe, D. P., Ulmer, H. M., Barta, R. C., Goode, D. L., Arendt, E. K., 2005, *Biological acidification of a mash containing 20% barley using Lactobacillus amylovorus FST 1.1: Its effects on Wort and beer quality*, Journal Of The American Society Of Brewing Chemists

Lu, J., Li, Y., 2005, *Effects of arabinoxylan solubiolization on wort viscosity and filtration when mashing with grist containing wheat and wheat malt*, Food Chemistry

NIAB, u.å., *Flytskjema malting* [<http://www.niab.com/uploads/files/Visio-Malting-Flowchart.pdf>]

NIAB, 2009, *Malting spring barley Quench wins NIAB Cereals Cup*

[http://www.niab.com/news_and_events/article/45]

Nielsen, J. P og Munck, L., *Evaluation of malting barley quality using exploratory data analysis. I. Extraction of information from micro-malting data of spring and winter barley*, Journal of Cereal Science

Patterson, M., Pullen, N. H., 2014, *The Geography of Beer*, Springer Science, ISBN 978-94-007-7787-3

Severa, L., Los, J., Nedomová, S., Buchar, J., 2009, *On the rheological profile of malt wort during processing of substrate for lager beer*, Journal of Food Physics 2009

Skog og Landskap, u.å. a, *Domen bygg*

[http://www.skogoglandskap.no/Artsbeskrivelser/domen/default_view]

Skog og Landskap, u.å. b, *NordGen Bevaringssort for Norge Domen*

[<http://www.skogoglandskap.no/filearchive/nordgensdomenbygg.pdf>]

Solberg, R. K., 2000, *Byggsorter dyrket i Norge. Egenskaper ved produksjon av malt og øl.*, Hovedoppgave ved Institutt for næringsmiddelfag, Ås - NLH

Store norske leksikon, 2015, *bygg* [<https://snl.no/bygg>]

Straight to the pint, u.å., *Specific Gravity, Brix & Plato Conversion Calculators*

[<http://www.straighttothepint.com/specific-gravity-brix-plato-conversion-calculators/>]

Sundgren T., Thomsen M.G., Åssveen M., Stubhaug E., Bergjord A.K., Mordal R., Eltun R. u.å., *Norsk malt, humle og urter – smaken av norsk øl*

The Institute & Guild for Brewing Volume 2 Issue 10, 2002, *Malt Specifications & brewing performance*, The Brewer International

Viking Malt, 2016a, *Barley Report 12 April 2016* [<http://www.vikingmalt.com/wp-content/uploads/2016/04/Viking-Malt-Barley-Report-April-2016.pdf>]

Viking Malt, 2016b, *Brewer's Classic Viking Pale Ale Malt*, Product Data Sheet,
[http://www.vikingmalt.com/wp-content/uploads/2016/01/PRODUCTS_VM_PALEALE.pdf]

Weyermann Malt, 2016, *Product Information*

Wikipedia, 2016, *Barley* [<https://en.wikipedia.org/wiki/Barley#/media/File:BarleyEars.JPG>]

Zhao, F. J., Fortune, S., Barbosa, V. L., McGrath, S. P., Stobart, R., Bilsborrow, P. E., Booth, E. J., Brown A., Robson P., 2005, *Effects of sulphur on yield and malting quality of barley*,
Journal of Cereal Science

Vedlegg 1

Tabell som ble benyttet til omregning fra Brix til Plato. Til utregning av ekstraktinnhold i vørter (Straight to the pint u.å.).

Brix	Plato	SG	Brix	Plato	SG	Brix	Plato	SG
0.0	0.0000	1.0000	13.4	13.4027	1.0543	26.8	26.7948	1.1140
0.2	0.1970	1.0008	13.6	13.6028	1.0551	27.0	26.9944	1.1150
0.4	0.3970	1.0016	13.8	13.8029	1.0560	27.2	27.1940	1.1159
0.6	0.5970	1.0024	14.0	14.0030	1.0568	27.4	27.3936	1.1168
0.8	0.7970	1.0031	14.2	14.2030	1.0577	27.6	27.5932	1.1178
1.0	0.9970	1.0039	14.4	14.4031	1.0586	27.8	27.7928	1.1187
1.2	1.1970	1.0047	14.6	14.6031	1.0594	28.0	27.9924	1.1197
1.4	1.3971	1.0054	14.8	14.8032	1.0603	28.2	28.1919	1.1206
1.6	1.5971	1.0062	15.0	15.0032	1.0611	28.4	28.3915	1.1216
1.8	1.7971	1.0070	15.2	15.2033	1.0620	28.6	28.5910	1.1225
2.0	1.9972	1.0078	15.4	15.4033	1.0628	28.8	28.7905	1.1235
2.2	2.1972	1.0086	15.6	15.6033	1.0637	29.0	28.9901	1.1244
2.4	2.3973	1.0094	15.8	15.8034	1.0646	29.2	29.1896	1.1254
2.6	2.5973	1.0101	16.0	16.0034	1.0654	29.4	29.3891	1.1263
2.8	2.7974	1.0109	16.2	16.2034	1.0663	29.6	29.5886	1.1273
3.0	2.9975	1.0117	16.4	16.4034	1.0672	29.8	29.7880	1.1282
3.2	3.1975	1.0125	16.6	16.6034	1.0680	30.0	29.9875	1.1292
3.4	3.3976	1.0133	16.8	16.8034	1.0689	30.2	30.1870	1.1302
3.6	3.5977	1.0141	17.0	17.0034	1.0698	30.4	30.3864	1.1311
3.8	3.7977	1.0149	17.2	17.2034	1.0706	30.6	30.5859	1.1321
4.0	3.9978	1.0157	17.4	17.4034	1.0715	30.8	30.7853	1.1330
4.2	4.1979	1.0165	17.6	17.6034	1.0724	31.0	30.9847	1.1340
4.4	4.3980	1.0173	17.8	17.8034	1.0733	31.2	31.1841	1.1350
4.6	4.5981	1.0181	18.0	18.0033	1.0741	31.4	31.3835	1.1359
4.8	4.7982	1.0189	18.2	18.2033	1.0750	31.6	31.5829	1.1369
5.0	4.9983	1.0197	18.4	18.4033	1.0759	31.8	31.7823	1.1379
5.2	5.1984	1.0205	18.6	18.6032	1.0768	32.0	31.9817	1.1389
5.4	5.3985	1.0213	18.8	18.8032	1.0777	32.2	32.1810	1.1398
5.6	5.5986	1.0221	19.0	19.0031	1.0785	32.4	32.3804	1.1408
5.8	5.7987	1.0229	19.2	19.2030	1.0794	32.6	32.5797	1.1418
6.0	5.9988	1.0237	19.4	19.4030	1.0803	32.8	32.7791	1.1428
6.2	6.1989	1.0245	19.6	19.6029	1.0812	33.0	32.9784	1.1437
6.4	6.3990	1.0253	19.8	19.8028	1.0821	33.2	33.1777	1.1447
6.6	6.5991	1.0261	20.0	20.0027	1.0830	33.4	33.3770	1.1457
6.8	6.7992	1.0269	20.2	20.2026	1.0839	33.6	33.5763	1.1467
7.0	6.9994	1.0277	20.4	20.4025	1.0848	33.8	33.7756	1.1477
7.2	7.1995	1.0285	20.6	20.6024	1.0857	34.0	33.9749	1.1487
7.4	7.3996	1.0294	20.8	20.8023	1.0866	34.2	34.1741	1.1497
7.6	7.5997	1.0302	21.0	21.0021	1.0875	34.4	34.3734	1.1507
7.8	7.7998	1.0310	21.2	21.2020	1.0884	34.6	34.5727	1.1516
8.0	7.9999	1.0318	21.4	21.4018	1.0892	34.8	34.7719	1.1526
8.2	8.2000	1.0326	21.6	21.6017	1.0901	35.0	34.9711	1.1536
8.4	8.4002	1.0334	21.8	21.8015	1.0911	35.2	35.1703	1.1546
8.6	8.6003	1.0343	22.0	22.0014	1.0920	35.4	35.3695	1.1556
8.8	8.8004	1.0351	22.2	22.2012	1.0929	35.6	35.5687	1.1566
9.0	9.0005	1.0359	22.4	22.4010	1.0938	35.8	35.7679	1.1576
9.2	9.2006	1.0367	22.6	22.6008	1.0947	36.0	35.9671	1.1586
9.4	9.4007	1.0376	22.8	22.8006	1.0956	36.2	36.1663	1.1596
9.6	9.6009	1.0384	23.0	23.0004	1.0965	36.4	36.3655	1.1606
9.8	9.801	1.0392	23.2	23.2002	1.0974	36.6	36.5646	1.1617
10.0	10.0011	1.0400	23.4	23.4000	1.0983	36.8	36.7638	1.1627
10.2	10.2012	1.0409	23.6	23.5997	1.0992	37.0	36.9629	1.1637
10.4	10.4013	1.0417	23.8	23.7995	1.1001	37.2	37.1620	1.1647
10.6	10.6014	1.0425	24.0	23.9992	1.1011	37.4	37.3612	1.1657
10.8	10.8015	1.0434	24.2	24.1990	1.1020	37.6	37.5603	1.1667
11.0	11.0016	1.0442	24.4	24.3987	1.1029	37.8	37.7594	1.1677
11.2	11.2017	1.0450	24.6	24.5984	1.1038	38.0	37.9585	1.1688
11.4	11.4018	1.0459	24.8	24.7982	1.1047	38.2	38.1576	1.1698
11.6	11.6019	1.0467	25.0	24.9979	1.1057	38.4	38.3566	1.1708
11.8	11.8020	1.0475	25.2	25.1976	1.1066	38.6	38.5557	1.1718
12.0	12.0021	1.0484	25.4	25.3972	1.1075	38.8	38.7548	1.1728
12.2	12.2022	1.0492	25.6	25.5969	1.1084	39.0	38.9538	1.1739
12.4	12.4023	1.0501	25.8	25.7966	1.1094	39.2	39.1529	1.1749
12.6	12.6024	1.0509	26.0	25.9963	1.1103	39.4	39.3519	1.1759
12.8	12.8025	1.0518	26.2	26.1959	1.1112	39.6	39.5509	1.1770
13.0	13.0026	1.0526	26.4	26.3956	1.1122	39.8	39.7500	1.1780
13.2	13.2027	1.0534	26.6	26.5952	1.1131	40.0	39.9490	1.1790



Norges miljø- og biovitenskapelig universitet
Noregs miljø- og biovitenskapelige universitet
Norwegian University of Life Sciences

Postboks 5003
NO-1432 Ås
Norway