

Design av apparat for kontinuerlig måling av blodsukker på intensivavdelinger

Ole Andre Bech
Eivind Lind Mangset

Industriell design

Innlevert: juni 2015

Hovedveileder: Trond Are Øritsland, IPD

Medveileder: Rolf Sellesbakk, Inventas AS
Nicolas Elvemo, GlucoSet AS

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Institutt for produktdesign



Design av apparat for kontinuerlig måling av blodsukker på intensivavdelinger

En masteroppgave skrevet av Ole André Bech og Eivind Lind Mangset
Institutt for produktdesign, Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet, juni 2015



*The very first requirement in a hospital
is that it should do the sick no harm.*

Florence Nightingale
pionér innen moderne sykepleie

ABSTRACT

Background

This thesis has been written in collaboration with GlucoSet, a startup company originated from NTNU. GlucoSet has developed technology for continuous monitoring of blood glucose intended for use in intensive care units (ICUs). The technology can potentially reduce mortality and hospital costs.

Objective

The objective has been to map and analyze the ICU context to see how the technology can be used in a medical device. The final objective has been to design a realistic and detailed concept in the form of an instrument with a graphical user interface.

Process and methodology

GlucoSet is in an early stage of developing their product. Up to now their focus has mostly been on technology and business development. A holistic approach has been inquired to understand the complex system that the blood glucose instrument is to be a part of.

This has been done through a process in which user involvement has been key. Field research has been conducted at three hospitals in Trondheim, Bærum and Drammen. The following methods have been used amongst others: shadowing, interviews, co-design and usability testing.

Result

The technology has been mapped out to see how it affects usability. Trends within the field of medical technology has been analyzed, and mechanisms in the medical market has been researched. The result is a product and user interface concept fitted for use in the ICU.

The insight and concept may be used as inspiration for GlucoSet, students, designers or others that are interested. It can be considered a foundation for further development of Gluco Set's blood glucose instrument.

SAMMENDRAG

Bakgrunn

Denne oppgaven er skrevet i samarbeid med GlucoSet, en oppstartsbedrift med utspring fra NTNU. GlucoSet har utviklet teknologi for å måle blodsukker kontinuerlig. Teknologien er tiltenkt bruk på intensivavdelinger der den har potensiale til å redusere dødelighet og sykehuskosntander betraktelig.

Mål

Målet med oppgaven har vært å kartlegge den spesielle konteksten som intensivavdelinger utgjør, for å se hvordan teknologien kan benyttes i et sykehusapparat. Det endelige målet har vært å designe et realistisk og detaljert konsept bestående av apparat og grafisk brukergrensesnitt.

Prosess og metode

GlucoSet befinner seg i en tidlig fase der de har fokusert mest på teknologi og forretningsutvikling. Fra deres side har det vært ønskelig med et holistsisk perspektiv med fokus på å forstå det kompliserte systemet som en kontinuerlig blodsuktermåler skal inngå i.

Dette har blitt gjort gjennom en prosess der brukerinvolvering har stått sentralt. En vesentlig del av oppgaven har bestått av feltundersøkelser på St. Olavs-, Bærum- og Drammen sykehus. Metoder som skygging, intervjuer, co-design, brukbarhetstesting med flere har blitt brukt.

Resultat

Det teknologiske grunnlaget for apparatet har blitt kartlagt, samt hvordan dette påvirker brukbarhet. Trender innen medisinsk teknologisk utstyr har blitt analysert og mekanismer i det medisinske markedet har blitt undersøkt. Resultatet er et produkt- og interaksjonskonsept tilpasset bruk på intensivavdelinger.

Innsikten og konseptet kan brukes som inspirasjon for GlucoSet, studenter, designere og andre med interesse. Det kan betraktes som et utgangspunkt for videre utvikling av GlucoSets kontinuerlige blodsuktermåler.





FORORD

Denne masteroppgaven er skrevet ved Institutt for Produktdesign ved NTNU våren 2015.

Først vil vi takke Nicolas Elvemo i GlucoSet for innsikt i en bransje som i utgangspunktet var veldig ukjent. GlucoSet har vært svært hjelpelige og den gode kommunikasjonen oss i mellom har vært avgjørende for resultatet av oppgaven. Videre vil vi takke Trond Are Øritsland ved Institutt for Produktdesign for veiledning gjennom prosessen. En stor takk går til Rolf Sellesbakk og Inventas som har stilt med verdifull kunnskap innen produktutvikling og kontorplass under prosjektet.

Takk til intensivsykepleierne ved Bærum og Drammen sykehus. Takk til ansatte ved St. Olavs Hospital. Her vil vi rette en spesiell takk til intensivsykepleierne for å ha tatt imot to designstudenter med åpne armer.

Takk til K8 Industridesign for et godt samarbeid.

Takk til klassekamerater, venner og familie for innspill, inspirasjon og godt humør gjennom prosjektperioden.

Til slutt vil vi takke alle som har delt sine erfaringer med oss gjennom intervjuer og samtaler eller som har bidratt på annet vis.

01

Introduksjon

- 13 Kapitellintroduksjon
- 14 Valg av oppgave
- 16 Aktørene
- 18 Fokus på innsikt
- 20 Metodikk
- 24 Prosessen
- 26 Rollefordeling

02

Blodsukker og intensivavdelinger

- 31 Kapitellintroduksjon
- 32 Intensivavdelinger
- 34 Intensivmedisin
- 36 Pasientflyt
- 40 Intensivrommet
- 46 Blodsukker
- 48 Blodsukker ved kritisk sykdom
- 50 Slik gjøres det idag
- 51 Problemer
- 52 Variasjon i blodsukker
- 54 Forskningskontrovers

03

Brukere

- 61 Kapitellintroduksjon
- 62 Produktets reise
- 64 Hvilken bruker er viktigst?
- 68 Sykepleieren
- 72 Sykepleierens blikk
- 74 Personas
- 78 Pasienten
- 80 Intensivlege

04

Medisinsk utstyr

- 83 Kapitellintroduksjon
- 84 Strengt regulert
- 86 Risiko

- 88 Diagnostisering
- 90 Hygiene
- 93 Plug and play
- 94 System
- 98 Integrering av apparater
- 100 Koble opp mot pasient
- 102 Alarmer
- 106 Opplæring og kursing
- 108 Ting blir borte
- 110 En lukket sløyfe
- 112 Fargebruk
- 114 Følger andre trender
- 116 Generelt om skjerm
- 118 Touch

05

Marked

- 123 Kapitellintroduksjon
- 124 Fra utvikling til sluttbruker
- 126 Anskaffelsesprosess
- 130 Hovedaktører
- 132 Konkurrenter
- 134 Sammenligning
- 136 Forretningsmodell

06

Teknologi

- 141 Kapitellintroduksjon
- 142 Slik fungerer den
- 143 Fukting av sensor
- 144 Nøyaktighet
- 146 Engangssensor
- 148 Tekniske komponenter
- 154 Fiberteknologi
- 156 Hva kan måles?
- 157 Risiko målekabel
- 158 Teleutstyr
- 159 Fiberkontakter
- 160 Sensorkontakt

07

- 162 Kabeltype
- 163 Valg av kabel
- 166 Strømforsyning
- 168 Strømforbruk
- 170 Mobil
- 172 Valg av batteri
- 174 Smart-system
- 175 Under utvikling

Prosess

- 179 Kapitellintroduksjon
- 180 Skygging på St. Olavs
- 184 Papirprototyping
- 186 Tidlige mock-ups
- 188 Oppgaveanalyse
- 190 Touch eller knapper?
- 192 Mobile first
- 194 Tdilig evaluering av GUI
- 196 "Magisk boks"
- 198 Utseende
- 200 Hva er viktigst?
- 202 Størrelse
- 204 Skjermstørrelse
- 206 Intervjuer
- 208 Plassering
- 212 Bruk av IV-stativ
- 214 Investorpitch
- 220 Del av et system
- 222 Knapp på ledning
- 224 Festemekanisme
- 226 Test av standardkontakter
- 228 Giga Map
- 230 Smart-system
- 234 Interaksjonsnivåer
- 236 GUI 2.0
- 238 GUI struktur
- 240 Visualisering av data
- 244 GUI og workflow

08

- 248 Farger og kontraster
- 250 Detaljer
- 252 Testing av GUI 2.0
- 258 GUI 3.0
- 264 Testing av GUI 3.0
- 268 Alarmhåndtering
- 270 Formgivning
- 272 Detaljering
- 274 Modulbasert
- 276 Batterier og kontakter

Løsning

- 282 Stor interaksjonsflate
- 284 GUI
- 294 Detaljer
- 296 Sensorkontakt
- 298 Modulbasert
- 300 Vannbeskyttet
- 302 Oppbygging

09

Evaluering

- 308 Refleksjon
- 310 Veien videre
- 314 Kildeliste

X

Vedlegg

Kun tilgjengelig for sensor og GlucoSet



INTRODUKSJON



OM MASTEREN

Ettersom oppgaven er skrevet innenfor et spesialfelt har det vært mye ny kunnskap vi har måttet tilegne oss underveis. Dette er kunnskap som kan være nyttig for leseren for å forstå oppgaven og konteksten. Vi har valgt å strukturere informasjonen i emner isteden for kronologisk i den rekkefølgen vi har tilegnet oss den. Noe av kunnskapen som presenteres i oppgaven er svært detaljert og vil trolig være mest interessant for GlucoSet. Dette gjelder spesielt kapitlet om teknologi.

Kapitlene Blodsukker og Intensivavdelinger, Brukere, Medisinsk Utstyr og Marked drøfter konteksten og faktorer knyttet til det å utvikle medisinsk teknologisk utstyr. I kapitlene Teknologi og Prosess tas det i større grad beslutninger på problemstillinger som har vært avgjørende for den endelige løsningen.

Enkelte detaljer i oppgaven vil være sensurert på grunn av forretningshemmigheter eller av hensyn til patenterbarhet. For å få lansert produktet sitt er GlucoSet avhengige av potensielle investorer og da er dette spesielt viktig.

Kildelisten kan ses på side 314. Vedlegg finnes separat men vil kun være tilgjengelig for sensor og GlucoSet. Dersom ikke andre er kreditert er bilder og figurer våre egne.

VALG AV OPPGAVE

En spesiell kontekst

Den kanskje viktigste grunnen til at vi valgte å jobbe med GlucoSet i vår masteroppgave var den spesielle konteksten som GlucoSets produkt skal være en del av. Noe av det beste med å være industridesigner er mulighetene man får til å sette seg inn i kontekster og miljøer man ellers aldri hadde utviklet noe spesielt forhold til. I dette prosjektet fikk vi muligheten til å jobbe i en kontekst som ingen av oss hadde noe erfaring med fra før av. På intensivavdelinger stilles det helt spesielle krav til ny teknologi. Samtidig sitter brukerne av denne teknologien på en helt spesiell kompetanse.

Kompleksitet

Det å måtte forholde seg til kompleksitet var også en motivasjon til å velge en medisinerelatert masteroppgave. Bransjen for medisinsk teknologisk utstyr er en av de mest regulerte som finnes, noe som danner en interessant ramme for oppgaven.

Produkt- og interkasjonsdesign

Å designe et medisinsk apparat krever kompetanse innen både produkt- og interaksjonsdesign. Selv om vi begge har kompetanse innen disse fagfeltene, har vi ulike hovedinteresser. Ved å jobbe sammen på et prosjekt der det stilles store krav til både utforming og brukergrensesnitt fikk vi muligheten til å spesialisere oss ytterligere innen våre interessefelt, samtidig som vi hadde muligheten til å sparre med hverandre.

NTNU
Norges teknisk-naturvitenskapelige
universitet

Fakultet for ingeniørvitenskap
og teknologi
Institutt for produktdesign



Masteroppgave for student Eivind Mangset og Ole André Bech

Design av apparat for kontinuerlig måling av blodsukker på intensivsen

Design of apparatus for continuous glucose monitoring in intensive care units

GlucoSet er en oppstartsbedrift med utspring fra NTNU som utvikler teknologi for å måle blodsukkernivået til intensivpasienter i sanntid. Teknologien har potensiale til å redusere dødelighet og sykehuskostnader betraktelig.

Intensivavdelinger er en krevende kontekst uten plass for menneskelige feil. Å ta teknologien inn i et produkt tilpasset bruk på intensivavdelinger krever god innsikt i hverdagen på et sykehus og hvilke krav som stilles til medisinsk utstyr. Samtidig er en god forståelse av teknologiens muligheter og begrensninger avgjørende.

Oppgavebeskrivelse

En vesentlig del av oppgaven vil bestå i kartlegging og analyse av konteksten for bruk gjennom blant annet feltstudier og intervjuer. Videre vil oppgaven gå ut på å undersøke standarder og trender for utstyr til sykehus nærmere, samt utforske fremtidige muligheter for instrumentering. Det endelige målet for oppgaven er å designe et detaljert og realistisk løsningsforslag for GlucoSet.

Oppgaven vil blant annet inneholde:

- Feltstudier
- Analyse av utviklingstrender
- Idégenerering, konseptutvikling og konseptvalg
- Prototyping og gjennomføring av tester
- Detaljering av konseptet

Oppgaven utføres etter "Retningslinjer for masteroppgaver i Industriell design".

Ansvarlig faglærer: Trond Are Øritsland
Ekstern veileder: Rolf H. Sellesbakk, Inventas
Bedriftskontakt: Nicolas Elvemo, GlucoSet AS

Utleveringsdato: 16. januar 2015
Innleveringsfrist: 11. juni 2015

Trondheim, NTNU, 16. januar 2015

Trond Are Øritsland
ansvarlig faglærer

Casper Boks
instituttleder

AKTØRENE

Masteroppgaven har blitt gjennomført i samarbeid med oppstartsbedriften GlucoSet, som vi har hatt jevnlig kontakt med. I tillegg til dette har vi hatt to veildere, én ansvarlig faglærer på Institutt for Produktdesign og én ekstern veileder hos Inventas. Her følger en nærmere forklaring av hvordan vi har samarbeidet med de ulike aktørene.

GlucoSet

GlucoSet har utviklet teknologien som gjør det mulig å måle glukose kontinuerlig og har vært vår viktigste samarbeidspartner i dette prosjektet. Vi har hatt spesielt mye kontakt med Nicolas Elvemo som er ansvarlig for teknologi- og forretningsutvikling i GlucoSet. Nicolas har fungert som veileder innenfor fagfelt som medisinsk forskning og teknologi. I tillegg til dette har han fungert som en døråpner ved at han har hjulpet oss med å komme i kontakt med en rekke aktører som har vært viktige for prosjektutviklingen.

Ansvarlig faglærer

Ansvarlig faglærer har vært Trond Are Øritsland. Vi har hatt jevnlig veiledningsmøter underveis i prosjektet.

Inventas

Inventas har vært en ekstern veileder for prosjektet. Det var tidlig klart for oss at vi ønsket en ekstern veileder med erfaring fra produktutvikling for å kunne utvikle et mest mulig realistisk resultat med tanke på eventuell produksjon. Et par dager i uken har vi arbeidet hos Inventas i deres kontorlokaler på Solsiden i Trondheim.

Andre aktører

I tillegg til de nevnte aktørene har det vært et par andre aktører vi har hatt mer eller mindre jevnlig kontakt med. En av disse har vært K8 industridesign som jobber med utvikling av selve sensoren på oppdrag fra GlucoSet. Det har vært viktig for oss å ha en jevnlig dialog med K8 spesielt med tanke på at vårt produkt begynner der deres slutter. Vi har også hatt en del kontakt med St Olavs Hospital i forbindelse med feltundersøkelser.



OLE ANDRÉ BECH
Masterstudent

Student med hovedinteresse for produktdesign.



EIVIND LIND MANGSET
Masterstudent

Student med hovedinteresse for interaksjonsdesign og brukeropplevelse.



NICOLAS ELVEMO
GlucoSet

Utdannet lege ansvarlig for teknologi- og forretningsutvikling i GlucoSet.



TROND ARE ØRITSLAND
Veileder IPD

Professor med spesialkompetanse innen fagfeltet menneske maskin interaksjon.



ROLF SELLESBAKK
Veileder Inventas

Leder for forretningsutvikling ved Inventas. Lang erfaring som industridesigner.



K8 INDUSTRIDESIGN
Designkontor

Designbedrift med erfaring fra utvikling av medisinsk utstyr.

FOKUS PÅ INNSIKT

I oppgaven har vi valgt å bruke mye tid på å opparbeide oss en forståelse av bransjen og konteksten som produktet skal bli en del av. Vi har ønsket at bedriften skal kunne bruke arbeidet vi har gjort videre og da har det vært viktig med en solid begrunnelse for valgene vi har tatt i designprosessen. Gjennom studiet på industriell design har vi så langt jobbet mot forbrukere i kontekster som vi har et bedre grunnlag til å forstå. Sykehus og den medisinske bransjen er sammensatt, og vi har ønsket å få en viss oversikt over disse, selv som vi har lagt mest vekt på å bygge opp en forståelse av behovene til intensivsykepleieren.

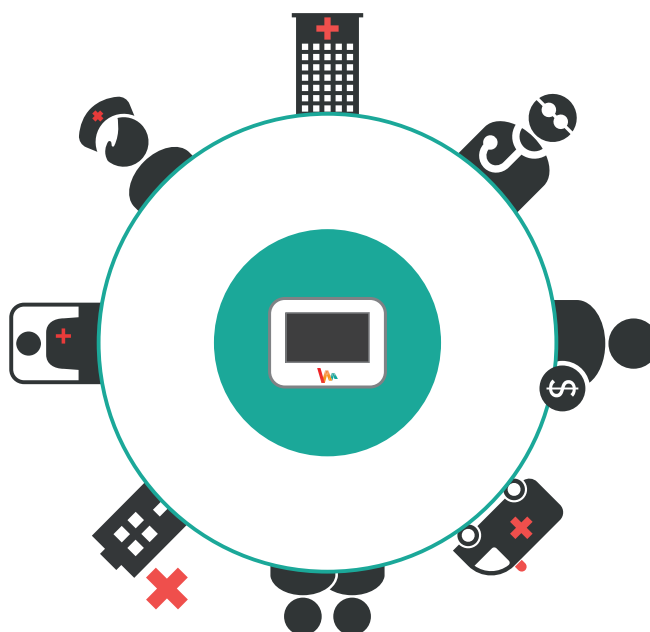
I medisinsk sektor er det mange aktører som vurderer produktet før det i det hele tatt får ligge i hendene til brukerne. Dette var hovedgrunnen til at vi ønsket å få en oversikt over prosessene knyttet til hvordan man etablerer seg på markedet og hvordan

sykehusene velger ut og anskaffer nytt utstyr. Vi ønsket å finne suksessfaktorene til produktet for de ulike aktørene.

Den medisinske sektoren er særlig regulert. Da vi startet på prosjektet hadde vi ambisjoner om å forstå sertifiseringskravene knyttet til et sykehusapparat. Underveis i prosessen innså vi likevel at dette satte så mange begrensninger for oppgaven at vi valgte å legge mindre vekt på det. Vi så at det var mer nyttig for GlucoSet om vi laget konkrete løsningsforslag de kunne vurdere opp mot de regulatoriske kravene ved et senere tidspunkt, for så å gjøre tilpasninger.

Spisse mot norske sykehus

I prosessen vår har vi tatt utgangspunkt i noen få norske sykehus og vi har hovedsakelig brukt kvalitative metoder. På grunn av sin umiddelbare nærhet har St Olavs Hospital blitt brukt flittigst i



innsiktsarbeidet. Med en brukersentrert designprosess basert på en så spisset målgruppe står man i fare for å overdefinere krav til produktet basert på for få brukere. Vi tror allikevel at dette har vært en nyttig fremgangsmåte for å begrense omfanget av oppgaven og lage et designforslag som GlucoSet i etterkant kan få tilbakemeldinger på og tilpasse mot en større målgruppe. At faktorer som bemanning, utstyr og generell utforming vil variere fra intensivavdeling til intensivavdeling og land til land er noe vi har vært bevisste på og som vi har tatt høyde for i enkelte deler av oppgaven.

Jobbe for en oppstartsbedrift

Det å jobbe for en teknologi-oppstartsbedrift har vært en spennende prosess. Da vi begynte prosjektet hadde bedriften opparbeidet seg noe kunnskap om intensivavdelinger, men det var ikke gjort noe arbeid på hvordan dette påvirket

design av instrument og grensesnitt. Her fantes det mange ubesvarte spørsmål. Mens man i en mer etablert bedrift kan finne sentral informasjon i bedriften, var vi mer avhengige av å ha en aktivt oppsøkende tilnærming og finne svarene blant brukere og andre aktører.

Bedriften har en spennende teknologi for måling av blodsukker, og en viktig del av oppgaven vår har vært å kartlegge hva som er mulig eller ikke mulig med denne, og hvordan det påvirker sykepleiernes workflow. Det å være med tidlig i prosessen gjorde at vi også hadde større påvirkningsmulighet, siden det var flere parametere som ikke var satt. Samtidig opplevde vi noe frustrasjon ved at det teknologiske grunnlaget var i stadig endring.

METODIKK



DESK RESEARCH

Desk-research har blitt gjort gjennom hele prosjektet. Metoden var spesielt nyttig i starten for å danne seg et bilde av konteksten før man fikk muligheten til å utforske den selv.

Ellers har metoden blitt brukt aktivt for å finne indre komponenter, litteratur, standarder, informasjon om konkurrenter, inspirasjon fra annet utstyr med mer.

Desk research har vi brukt mest kvantitativt for å få innsikt i forhold utenfor Norge.



De ulike nettstedene er lett tilgjengelige for observasjon og gjør det mulig å drive skrivebordsbasert etnografi.

Tjora, 2012



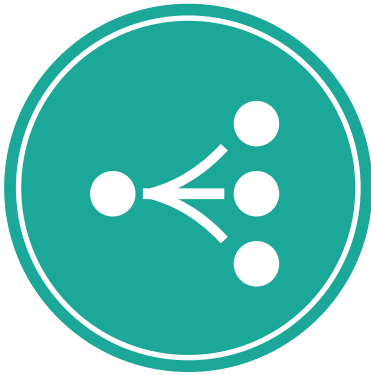
CO-CREATION

Co-creation er egentlig ikke så mye en metode som det er essensen av brukerinvolvering. Co-creation kan involvere alle som har en eller annen tilknytning til tjenesten og handler om å jobbe sammen for å forbedre denne (Stickdorn & Schneider, 2013). Vi har brukt co-creation aktivt i prosessen med intensivsykepleierne med varierende grad av suksess. Vi har blant annet erfart at vi har vært avhengige av å kunne vise til noe fysisk for å få innspill på funksjonalitet og konsepter.



In one sense, co creative exercises are a way to incorporate an open-source development philosophy.

Stickdorn & Schneider, 2013



DESIGN SCENARIER

Design scenarier er hypotetiske historier og situasjoner laget for å utforske et aspekt ved en tjeneste (Stickdorn & Schneider, 2013). Vi har brukt design scenarier som sparreteknikk. Metoden har vært spesielt nyttig fordi begrensninger i teknologien til GlucoSet har vært førende for hvordan man bruker apparatet. For å designe en god løsning har det å forstå workflowen vært avgjørende. I løpet av prosjektet har vi holdt en rekke ustrukturerte miniworkshops med bare oss to der vi har gått gjennom ulike bruksscenarioer.



Scenarios make concepts and prototypes accesible and engaging by placing them in an easily relatable context.

Stickdorn & Schneider, 2013



SKYGGING/OBSERVASJON

Skygging og observasjon ble brukt i de tidlige fasene av prosjektet. Metoden ble hovedsaklig brukt for å få innsikt i hvordan det er å jobbe på en intensivavdeling.

I starten av prosjektet hadde vi liten kunnskap om intensivavdelinger generelt og vi fikk mye ut av å observere sykepleierne i deres arbeidsmiljø. Etterhvert som vi ble mer komfortable med konteksten gikk vi gradvis over fra å være "flue på vegg" til å ha en mer aktiv rolle der vi stilte spørsmål og diskuterte med sykepleierne.



Successfull shadowing often means keeping a low profile.

Stickdorn & Schneider, 2013



INTERVJUER/SAMTALER

I løpet av prosjektet har vi gjennomført en rekke intervjuer med ulike aktører i medisinsk sektor. Disse intervjuene har vært viktige for å forstå de ulike aktørenes interesser med tanke på et nytt sykehusapparat. Ved å intervjuer aktører både innad i og utenfor sykehuset har vi kunnet oppdage interessekonflikter.

Intervjuer som metode ble hovedsaklig brukt tidlig i prosessen da det var mye nytt og viktig å få et helhetsbilde av konteksten.

Vi har benyttet mest semi strukturerte intervju, der vi har forberedt spørsmål på forhånd, men beholdt friheten til å la intervjuet ta nye vendinger.



Interviews are a fundamental research method for direct contact with participants, to collect first hand personal accounts of experience opinions, attitudes, and perceptions.

Martin & Hanington, 2012



PROTOTYPING

Gjennom hele prosessen har vi utviklet prototyper i forskjellige formater fra papir og skum til digitale på iPad og iPhone. Prototypene har blitt gradvis mer detaljerte jo lengere vi har kommet i prosessen.

Siden mye av kunnskapen vi har opparbeidet oss har vært ganske abstrakt har prototyping fungert som et verktøy for å gjøre ting mer konkret. Det har også vært et bra utgangspunkt for diskusjon. Vi har erfart at interaktive eller fysiske prototyper har vært viktige i møte med brukere da de ikke har like god trening i å diskutere funksjonalitet og utforming på et like abstrakt nivå som vi som er industridesignstudenter.



A prototype, much like a picture is worth a thousand words

Martin & Hanington, 2012



BRUKBARHETSTESTING

Brukbarhetstesting har hatt en sentral rolle i prosessen vår, siden vi i utgangspunktet ikke har hatt noe grunnlag til å forstå hvordan en intensivsykepleier tenker. Intensivsykepleierne kan anses som ekspertbukere av medisinsk teknologisk utstyr, og innspill fra disse har vært helt avgjørende for resultatet.

Vi har hatt tre runder med testing med sykepleiere på tre forskjellige sykehus. I tillegg til dette har vi korridor-testet klassekamerater ved behov. Vi har testet interaktive prototyper på iPad og iPhone eller fysiske modeller av apparater, festemekanismer, kabler og kontakter.



Usability testing focuses on people and their tasks, and seeks empirical evidence about how to improve the usability of an interface.

Martin & Hanington, 2012



3D MODELLERING

3d-modellering ble spesielt viktig i siste del av prosjektet. Ved hjelp av Solidworks kunne vi jobbe med høy nøyaktighet på formspråk, detaljer og sammenføyninger. Ved å hente inn komponentene som skulle inn i instrumentet i rett størrelse kunne vi ta stilling til de konkrete designutfordringene på detaljnivå.

3d-modellering har også blitt brukt som et verktøy for å utforske form og detaljer underveis i prosessen. 3d-printing og skissing på linjetegninger har vært nyttige verktøy. Vi skulle gjerne rukket en iterasjon til etter siste 3d-print, da forbedringspotensiale ofte blir mer synlig i fysisk form.



Computer-aided design should therefore enable the designer to tackle a task more quickly and accurately, or in a way that could not be achieved by other means.

McMahon & Browne, 1993

PROSESSEN

Som de fleste andre designprosesser har vår prosess ikke vært lineær, men bestått av flere iterasjoner.

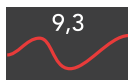
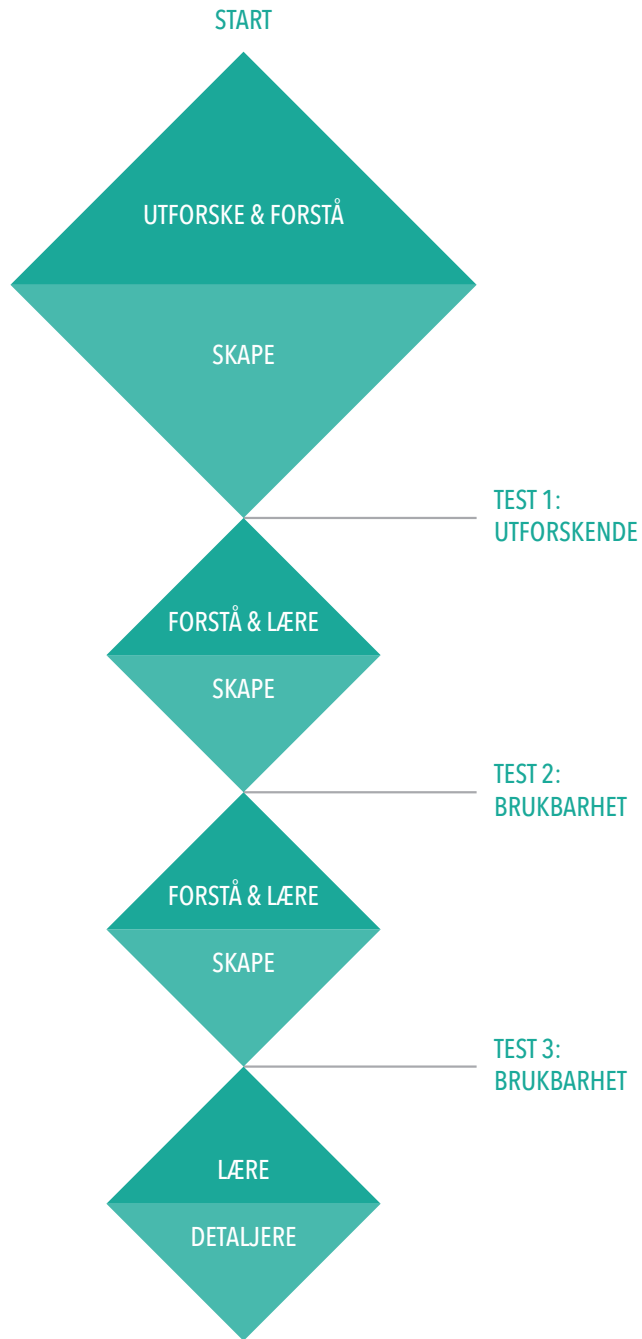
Vi har forsøkt å skape løsninger underveis fra et tidlig stadie i prosjektet. Prosjektet har med andre ord ikke vært delt opp i en innsiktsfase og en skapefase separert av en designbrief. Hovedgrunnen til dette er at mye av den innsikten vi har opparbeidet oss underveis har vært så abstrakt og ukjent at vi har hatt behov for å gjøre den til noe konkret så tidlig i prosessen som mulig. Ved å skape ting underveis har vi også sett problemer vi ellers ikke hadde sett.

Siden intensivsykepleierne kan betraktes som ekspertbrukere har det vært mer fokus på å teste disse enn å gjøre korridortester på klassekamerater osv. Vi har vært veldig avhengige av å få feedback fra reelle brukere. Dette har ført til at vi har hatt en rekke mindre leveranser underveis i prosjektet i form av én eller flere prototyper. Etter hver runde med testing har vi tatt med oss lærdommen inn i en ny iterasjon.

En figur som vi synes illustrerer dette er en egentilpasset versjon av The Double Diamond hentet fra The Design Council (Hunter, 2015). Her har vi istedet for to diamanter hatt fire.

"QUADRUPLE DIAMOND" →

Proessen bærer preg av flere runder testing med intensivsykepleierne.



PROTOTYPE GUI



PROTOTYPE APPARAT



RAPPORT

ROLLEFORDELING

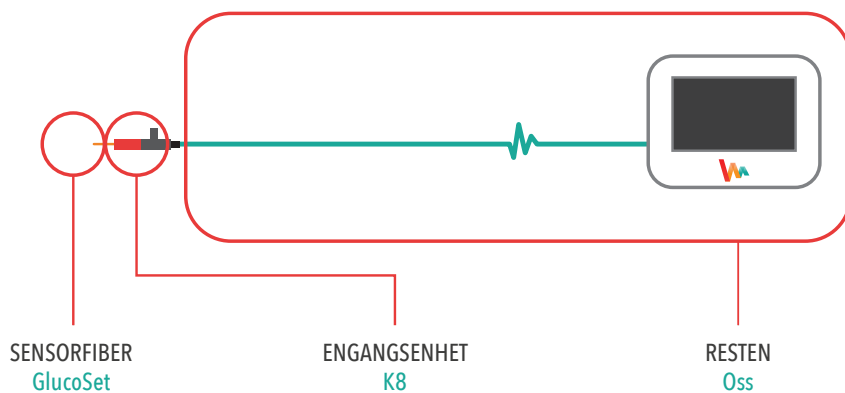
Figuren nedenfor viser rollefordelingen med tanke på design av GlucoSet sitt produkt. Vi har hatt hovedfokus på instrumentet, brukergrensesnitt og delen frem til engangsenheten. K8 industridesign har hatt ansvar for design av denne delen, mens GlucoSet har hatt hovedfokus på utvikling av den delen av sensortechnologien som skal inn i blodåren.

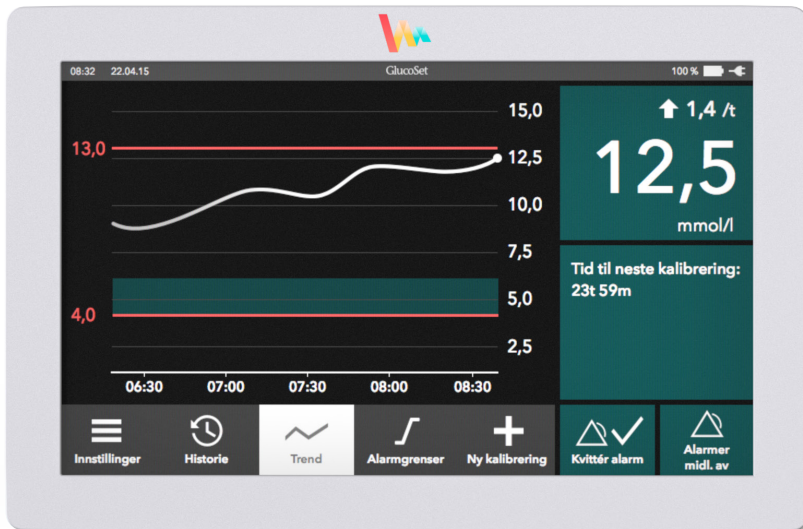
Delen vi jobber med og delen som K8 jobber med henger nøye sammen og det har vært nyttig med et nært samarbeid. Siden begge kjenner prosjektet godt, har vi kunnet komme med innspill til hverandre underveis.

GlucoSet har den overordnede forståelsen av begrensningene og mulighetene knyttet til teknologien. De har også sett en del på de tekniske komponentene som kan benyttes i instrumentet og vært en viktig sparrepartner underveis i prosessen.

ET SAMMENSATT PRODUKT ↓

Siden vi har vært flere aktører som har jobbet med ulike deler av GlucoSets system har kommunikasjon vært viktig.







INTENSIVAVDELINGER OG BLODSUKKER

Hva er en intensivavdeling?
Hvorfor måles blodsukker?

← Intensivavd.



DE SYKESTE PASIENTENE

Intensivavdelingen har de sykeste pasientene på sykehuset. Det er en krevende kontekst der det stilles helt spesielle krav til personell og apprataer. I tillegg brukes det en rekke faguttrykk som vi har måttet lære oss. Å opparbeide seg en forståelse av hva som skjer på en intensivavdeling og viktige faktorer knyttet til blodsukkeret har vært sentralt i arbeidet. Innsikten i dette kapitlet er basert på observasjoner fra vakter på intensiven, samtale med sykepleiere, leger og eksperter på blodsukker og sekundær research.

Dette kapitlet er en innføring i grunnleggende kunnskap om intensivavdelinger og blodsukker. Det gir et innblikk i hva en intensivavdeling er, hvilke pasienter som havner der, blodsukkerskalaen, hvordan blodsukker måles idag og problemer knyttet til det. Kapitlet legger et fundament for å lese resten av rapporten.

INTENSIVAVDELINGER

Intensivavdelingen har de sykeste pasientene på sykehuset. Pasientene legges ofte inn når de ikke lenger er ved bevissthet og har problemer med å puste. Ulik sensorikk og apparater er viktige verktøy på intensivavdelinger. Pasienten overvåkes av sykepleiere med hjelp av ulike sensorer. Ved hjelp av teknisk utstyr får pasienten hjelp til å puste, å holde vitale funksjoner i kroppen igang og å få tilført nok næringsstoffer og medisiner. Sykepleiere og leger med spesialkompetanse på intensivmedisin og anestesi sørger for at pasienten ivaretas på best mulig måte. En intensivpasient krever kontinuerlig oppfølging og overvåkning, enkelte ganger av flere sykepleiere på samme tid. Helsepersonellens erfaring med det tekniske utstyret er svært viktig. Det å ivareta pasientens sikkerhet handler mye om å passe på at instrumentene får gjort sine oppgaver på riktig måte, samt å forstå hvor problemet ligger dersom det kommer feilmeldinger eller alarmer.

Overvåke og hjelpe kroppen

Intensivavdelingenes oppgave er å overvåke, hjelpe og medisinerer kroppen så den kommer seg igjennom en ustabil kriseperiode. Sykepleierne overvåker og hjelper kroppen der viktige funksjoner slutter å fungere. Lungene får for eksempel hjelp av respirator om de svikter og en dialysemaskin kan gjøre nyrenes jobb om de får nedsatt funksjon. Sykepleierne tar prøver og følger med på væskebalansen i kroppen, og medisinerer så kroppen får den hjelpen den trenger for å komme gjennom "krisen". Sykepleierne prøver å la kroppen gjøre mest mulig selv, men bruker instrumenter eller medisiner for å hjelpe til der kroppen svikter.

LITT STATISTIKK I→

Statistikken til høyre er basert på fakta hentet fra Improving Care in the ICU (Joint Commission Resources, 2004).

Antall handlinger per pasient er hentet fra Handbook of human factors in medical device design (Weinger, 2010).

RESPIRASJONSSVIKT



Den vanligste grunnen til innleggelse på intensivavdelinger

HANDLINGER



"Gjennomsnittlig krever hver intensivpasient 178 handlinger per dag (fra å håndtere medisinpumper til å rense pasientens luftveier)"

DØDELIGHET



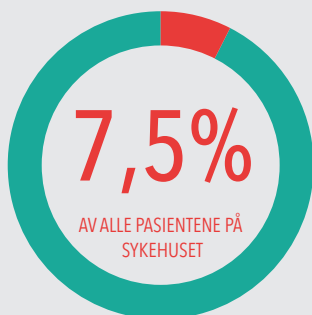
3 av 20 dør i løpet av et intensivopphold

RESSURSFORDELING



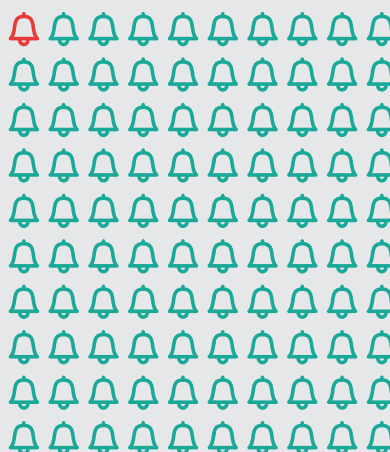
Intensivpasientene bruker 30% av ressursene på sykehuset

INTENSIVPASIENTER



3 av 40 pasienter er intensivpasienter

ALARMER



Kun 1 av 100 er kritisk

INTENSIVMEDISIN

Medisinsk og kirurgisk intensiv

Det er to typer intensivavdelinger. Disse representerer de to hovedgrenene innen medisinfaget. Litt forenklet kan vi si at medisinerne hjelper pasienten ved medisinsk behandling, mens kirurgene hjelper pasienten ved kirurgiske inngrep. I mange land har man egne intensiver beregnet spesielt for hver av disse hovedgrenene, men på St. Olavs har man en blandet hovedintensivavdeling.

Kirurgiske intensivavdelinger

Kirurgiske intensivavdelinger tar imot pasienter som kommer fra operasjoner. I tillegg til hovedintensiven som er for pasienter med store overvåkningsbehov og respirasjonsvansker, har St. Olavs en recovery og postoperativ avdeling. Disse er for pasienter som kommer fra rutinemessige kirurgiske inngrep. Her er det ofte 2-3 pasienter per sykepleier.

Recovery er en avdeling som ofte tar imot pasienter som kommer fra mindre operasjoner med narkose. Dette kan for eksempel være fjerning av blindtarm eller føflekker.

Postoperativ avdeling tar imot pasienter som har vært gjennom større planlagte operasjoner. Dette kan være

hjerteroperasjoner, kreftoperasjoner og andre operasjoner der det fjernes mye vev. Disse overnatter ofte til dagen etter.

I denne oppgaven vil ikke recovery og postoperativ avdelinger bli fokusert på. Disse er ikke like aktuelle for GlucoSets produkt som de andre intensivavdelingene. Dette kan du lese mer om senere i kapittelet.

Medisinsk intensivavdeling

Medisinske intensivavdelinger har fokus på pasienter der vitale funksjoner i kroppen svikter. En typisk pasient kan komme inn med blodforgiftning og respirasjonsvansker. I Norge er det minimum én sykepleier per pasient på disse avdelingene, i tillegg til sykepleiere som hjelper til ved behov.

Mikset intensivavdeling

Hovedintensivavdelingen på St. Olavs er en mikset avdeling med både pasienter som kommer fra kirurgi og pasienter som trenger medisinsk behandling. Pasientene kan ha et sammensatt sykdomsforløp med flere kritiske faktorer som påvirker pasientens helsetilstand. Det kan være alt fra akutt pasienter fra bilulykker til pasienter fra andre avdelinger på sykehuset som gradvis er blitt dårligere over tid.

INTENSIVAVDELINGENE PÅ ST. OLAVS

POSTOPERATIV OG RECOVERY

Ved denne avdelingen er det plass til 11 pasienter, og en sykepleier har ansvar for 2-3 pasienter.

HOVEDINTENSIV 1

ETT AV FEM AKTIVE INTENSIVROM

På de to hovedintensivene er det tilsammen ti intensivrom. Én sykepleier sitter i hvert rom sammen med pasienten

INTENSIVSENTRAL

Hver av intensivavdelingene har en monitoringskjerm for lege og intensivsykepleiere som ikke har hovedansvar for enkeltpasienter, men hjelper til der det er behov.

HOVEDINTENSIV 2

PASIENTFLYT

Det er stor gjennomstrøming av pasienter på intensivavdelinger. Figuren under (hentet fra GlucoSets forretningsplan) viser at langtidspatientene utgjør kun 18% av innleggelsene, men hele 56% av antall sengedøgn. De resterende 44% sengedøgnene er representert av pasienter med relativt korte intensivopphold. Det er til enhver tid en del pasienter som blir liggende lenge på intensivavdelinger. De trekker snittet for antall sengedøgn kraftig opp for pasienter over 6 døgn. Det kan i enkelte tilfeller dreie seg om opphold på flere måneder.

Flere leger og sykepleiere uttrykte at selve pasientflyten er en viktig oppgave i arbeidet deres. De har begrenset kapasitet på intensivavdelingen, og de må få pasientene fort over til en annen avdeling

når de puster selv og kan klare seg på en vanlig sengepost på sykehuset.

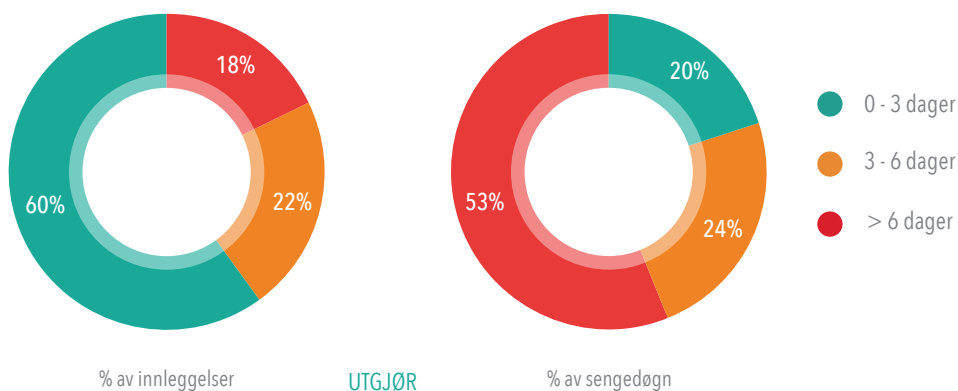
Mange ulike pasientforløp

Det er veldig mange ulike pasientergrupper og videre mange forskjellige pasientforløp som går via intensivavdelingen.

Intensivavdelingen tar inn de sykeste pasientene fra resten av sykehuset. Alle pasientene på intensivavdelingen har en moderavdeling de egentlig hører til. Moderavdelingen har ansvar for pasientens langsiktig plan og intensivlegen konfererer med moderavdelingen når det tas viktige beslutninger.

Noen forenklete positive pasientforløp er illustrert på de neste sidene, for å gi et inntrykk av hvordan pasientreisen kan se ut.

INNLEGGELSER OG SENGEDØGN



ULYKKESPASIENT

Per (58) har vært utsatt for en større bilulykke med stort tap av blod og tilstanden hans er meget ustabil. Han er ikke ved bevissthet når ambulansen ankommer.



Bilulykke

Per blir fraktet til sykehus i ambulanse mens han får det mest nødvendige intravenøst og ambulanspersonalet prøver å stoppe blødningene.



Ambulanse

Akuttmottaket vet allerede at pasienten er på vei, og det gjøres en rask gjennomgang av pasientens tilstand. I dette tilfellet sender de Per videre til operasjon.



Akuttmottaket

Under operasjon benyttes mye av det samme utstyret som på intensivavdelinger. Det tas ofte blodgassprøver for å kontrollere væskebalansen til pasienten samtidig som EKG og respirator benyttes.



Kirurgisk operasjon

Når operasjonen er ferdig sendes Per videre til intensivavdelingen. Her holdes han under overvåkning med mye teknisk utstyr av en sykepleier. Hun tilfører medisiner som trengs og følger med på Pers tilstand og utvikling.



Intensivavdelingen

Pers tilstand forverres plutselig. Han får blodforgiftning og organsvikt. Livet hans står ikke til å reddes. Per dør på intensivavdelingen.



Dør på intensivavdelingen

MATFORGIFTNINGSPASIENT

Søndag kveld begynner Janicke (33) å kjenne seg dårlig etter et besøk hos en restaurant i byen. Gradvis blir hun dårligere og dårligere, og samboeren Jon tør ikke gjøre annet enn å kjøre henne til legevakten.



På legevakta tas det fort en beslutning om at Janicke må legges inn på gastro-senteret og undersøkes nærmere.



På gastro-senteret ser de at Janicke stadig blir dårligere og at hun puster tungt og begynner å bli blåaktig i ansiktet. Det når et kritisk stadie, og sykepleier og doktor beslutter at hun må videre til intensivbehandling.



På intensivavdelingen får Janicke hjelp av en respirator til å puste. Sykepleierne justerer medisiner og passer på at hun har den rette væskebalansen i kroppen. Etter to døgn begynner tilstanden til Janicke å bedre seg, og hun begynner å bli mer bevisst.



Janicke er våken, men fortsatt veldig forstumlet og blir sendt videre til gastro-senteret. Her ligger hun i et vanlig sykehusrom og får oppfølging og undersøkelser.



Ni dager etter at Janicke først ble kritisk syk er hun blitt så bra at Jon kan ta henne med hjem igjen.



PLANLAGT KIRURGI MED KOMPLIKASJONER

Gunnar (63) har lenge hatt smerter i brytet, og er blitt anbefalt å operere. Han skal på thoraxavdelingen for å foreta en bypass-operasjon.



Pasient møter opp til planlagt kirurgi

Gunnar legges i narkose og får en åpent-brystoperasjon. Operasjonen er vellykket og han sendes videre til postoperativ avdeling.



Kirurgi

På postoperativavdeling skal Gunnar i utgangspunktet kun ligge et døgn til han er bevisst og kan sendes hjem, men det viser seg raskt at Gunnar bare blir dårligere etter operasjonen.



Postoperativ avdeling

Gunnar blir sendt videre til intensivavdelingen og det antas at han har en blodforgiftning etter operasjonen. Tilstanden til Gunnar fortsetter å forverre seg en stund, men ved hjelp av god medisinerer klarer de å stabilisere tilstanden.



Intensivavdelingen

En uke etter operasjonen ligger Gunnar på en sengepost på hjerte- og thoraxavdelingen og snakker med familien sin. Etter å ha svevet mellom liv og død på intensiven, ble han gradvis bedre og sendt videre til moderavdelingen sin.



Sengepost, Hjerte- og thoraxavdeling

Gunnar får bli med Kona hjem og er glad for at det gikk så bra som det gjorde. Kona, Sigrid er meget sliten etter den siste ukas begivenheter, men lykkelig over å ha mannen hjemme.



Sendes hjem



INTENSIVROMMET

Mange blir overrasket over antallet maskiner de møter når de kommer inn på et intensivrom. Bildet over viser et vanlig intensivrom på St. Olavs. I tillegg til apparatene på bildet kommer ekstrautstyr som hentes inn avhengig av pasientens behov. De ulike sykehusene har ofte egne intensivrack til å montere mye av utstyret på. De to store stolpene til høyre og venstre for sengen er eksempler på dette. De har fester for ulike typer utstyr, strømkontakter, nettverksporter, vakuump-tilgang og O₂-tilførsel.

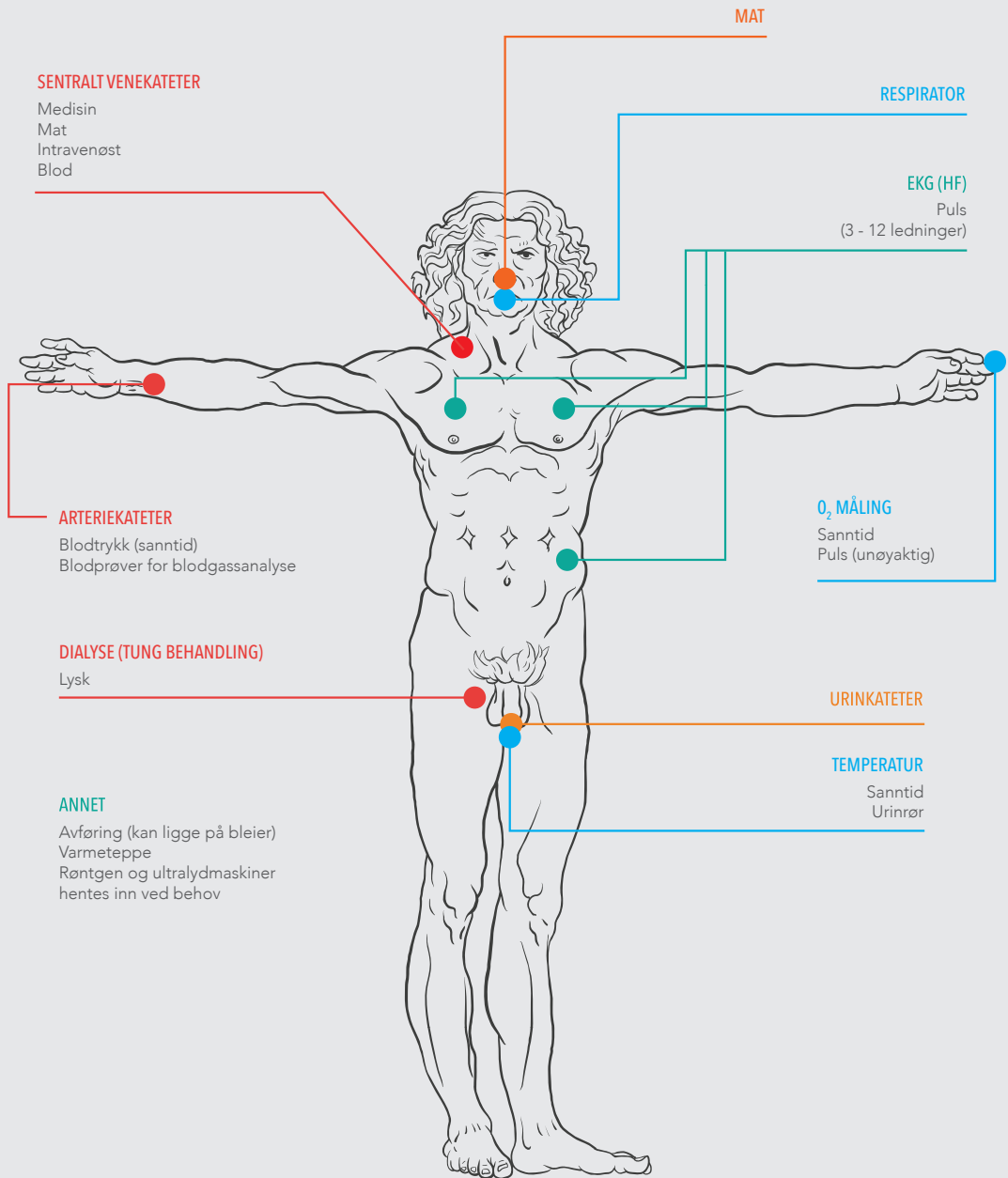
Hver intensivpasient krever ulik fokus og har ulike utfordringer knyttet til seg. Dette gjenspeiles ofte i oppsettet på intensivrommet. Illustrasjonen til høyre viser mange av de vanlige kontaktpunktene utstyret har til pasienten, men det gjøres ofte individuelle tilpasninger med tanke på hvor det er best å feste utstyr til pasienten. I tillegg krever noen pasienter ekstra sensorikk. Et eksempel på dette kan være sensorer som måler trykket i hodet. Disse kan for eksempel brukes til å avdekke hjerneblødning på et tidlig tidspunkt. Bildet på neste side gir en oversikt over det mest sentrale utstyret på intensivrommet.

STANDARDOPPSETT

Et av intensivrommene på St. Olavs. Hvert rom har et standardoppsett. Ekstra utstyr hentes inn om nødvendig avhengig av pasientens tilstand.

SLANGER, KABLER OG SENSORER

De vanligste oppkoblingspunktene for utstyr. I noen tilfeller kan sykepleierne måtte avvike fra disse for eksempel ved å sette et arteriekateter i foten til pasienten.



TRYKKLAGT SALTVANN

Sørger for at blodet ikke kommer ut gjennom arteriekateter

DRÅPETELLERE

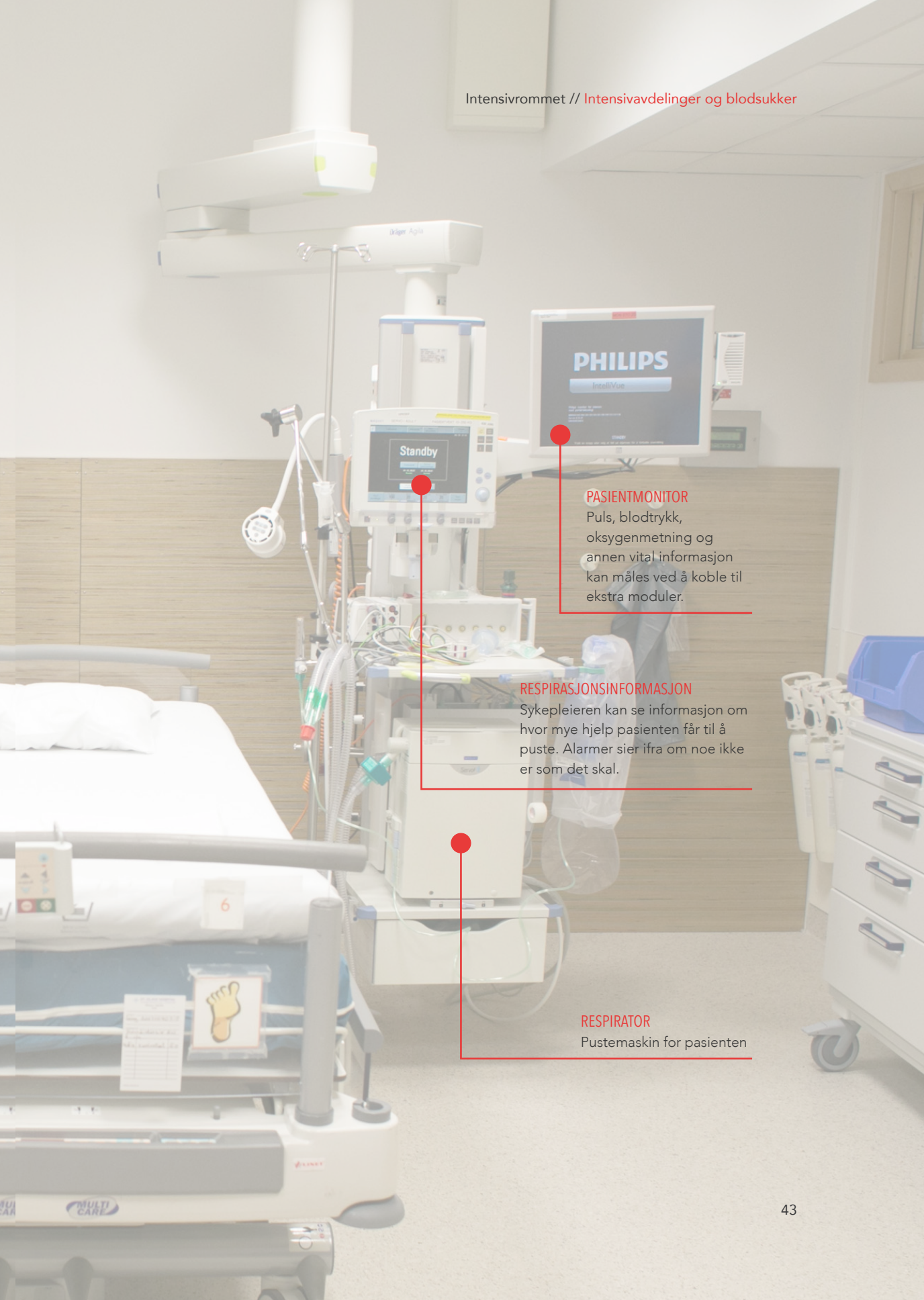
Her gis antibiotika og andre ting som gis via sonde til pasienten

MEDISINPUMPER

Sykepleieren bestemmer hvor mye av de ulike medikamentene som gis i timen ved hjelp av medisinpumpene

KONTROLL FOR STYRING AV PASIENTMONITOR

Dersom sykepleieren befiner seg på denne siden av sengen kan hun styre pasientmonitoren med denne kontrollen



PASIENTMONITOR

Puls, blodtrykk, oksygenmetning og annen vital informasjon kan måles ved å koble til ekstra moduler.

RESPIRASJONSINFORMASJON

Sykepleieren kan se informasjon om hvor mye hjelp pasienten får til å puste. Alarmer sier ifra om noe ikke er som det skal.

RESPIRATOR

Pustemaskin for pasienten

Oppsett på rom

Figuren på høyre side viser hvordan et intensivrom med en krevende intensivpasient kan se ut, sett ovenfra. Denne tegningen er basert på et reelt intensivrom som vi besøkte. På St. Olavs har de ganske romslige rom sammenlignet med mange andre sykehus, men allikevel ble det fort mange ledninger og slanger rundt sengen som tok opp plass. I enkelte tilfeller var det flere leger og sykepleiere inne på rommet samtidig og da var det spesielt viktig å ha litt ekstra plass å gå på. På to av de andre sykehusene som ble besøkt var det to og to pasienter på rom.

En sykepleier per pasient

Ved norske intensivavdelinger skal det være en sykepleier per pasient, og det skal til enhver tid aldri være mindre enn 0,5 sykepleier per pasient. I en del andre land i Europa er bemanningen noe lavere. Sykepleierne følger med på pasientens helsetilstand og sørger også for at det tekniske utstyret fungerer som det skal.

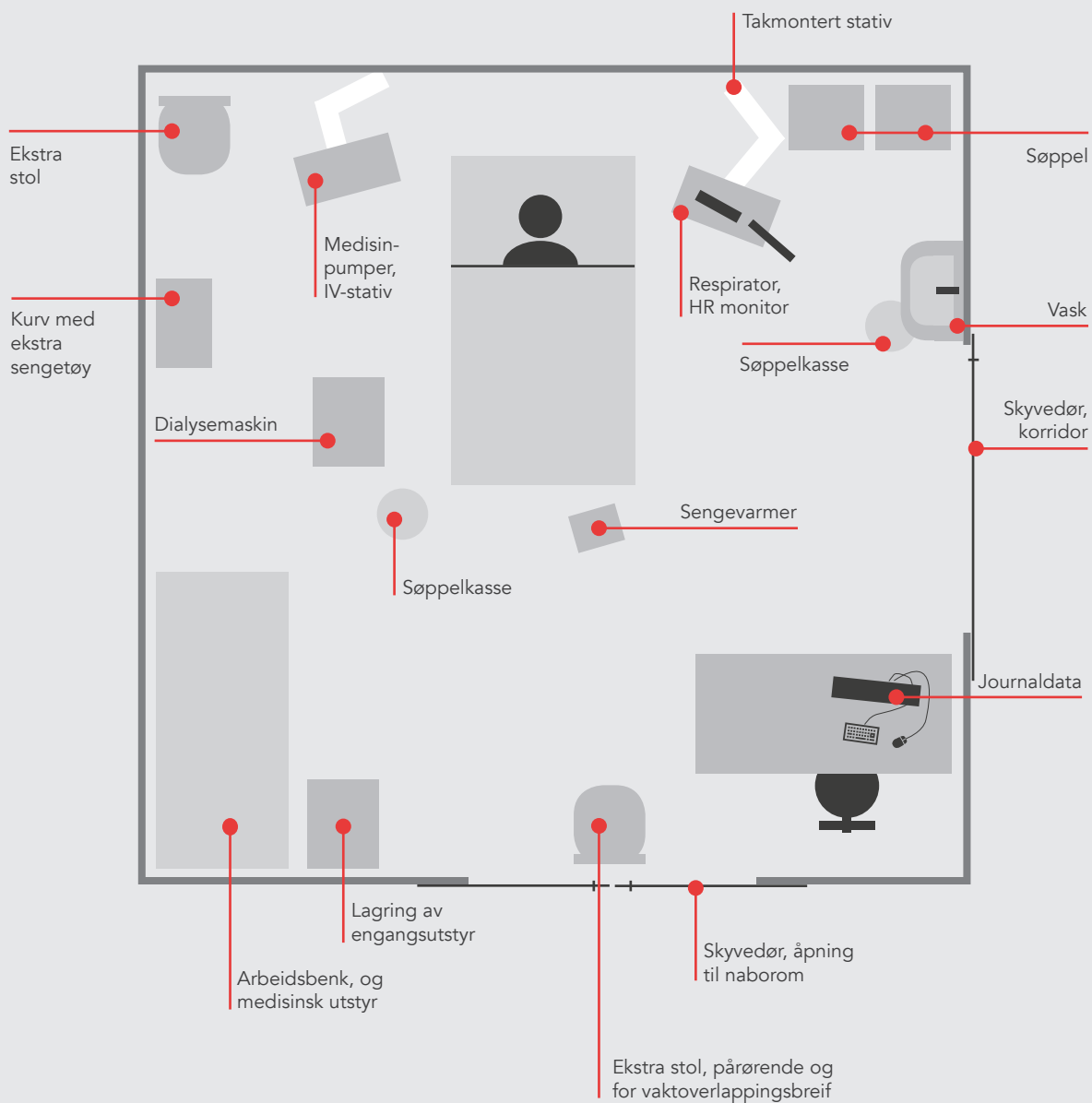
Arbeidsoppgaver

Intensivsykepleierne har mange og varierte oppgaver iløpet av en vakt. Gjennom feltstudier noterte vi en del av disse aktivitetene, for å få en oversikt.

Observerte arbeidsoppgaver

- Skifte pose på dialyseapparatet
- Passe på en nabopasient
- Føre inn i journalsystem
- Kaste engangsutstyr
- Gjøre klar medisiner
- Gi medisiner
- Snu pasient (to eller tre sykepleiere)
- Håndtere alarm
- Flytte kabel så den ikke gir alarm
- Gi medisiner indirekte ved pumpe eller direkte via kateter
- Vask og stell (tre sykepleiere)
- Hente kaffe
- Suge ut slim og spytt fra munn og svelg
- Bytte bandasje
- Tiltak med tanke på urin og avføring.
- Lytte/se etter vitale tegn:
 - Hosting
 - Brekningsrefleks
 - Hudfarge
 - Om pasienten gløtter med øynene
 - Trykker pasienten i hånda dersom man spør?
 - Lyse i øyet, pupilrefleks.
 - Skjelving
 - Temperatur på hender og føtter

INTENSIVROM Pasient med stor organsvikt



BLODSUKKER

Blodsukker er et mål på hvor mye glukose blodet inneholder. Hos friske mennesker ligger konsentrasjonen i blod normalt mellom 4,5 - 6 mmol/l. Etter et måltid kan konsentrasjonen gå opp mot 7 mmol/l før det synker ned til normalområdet igjen. Blodsukkeret reguleres ned ved at bukspyttkjertelen produserer hormonet insulin. Et hormon er et signalstoff kroppen produserer. Insulin følger blodbanen og gir signal til cellene som gjør at de tar opp glukose og videre at glukosekonsentrasjonen synker i blodet.

Skalaen

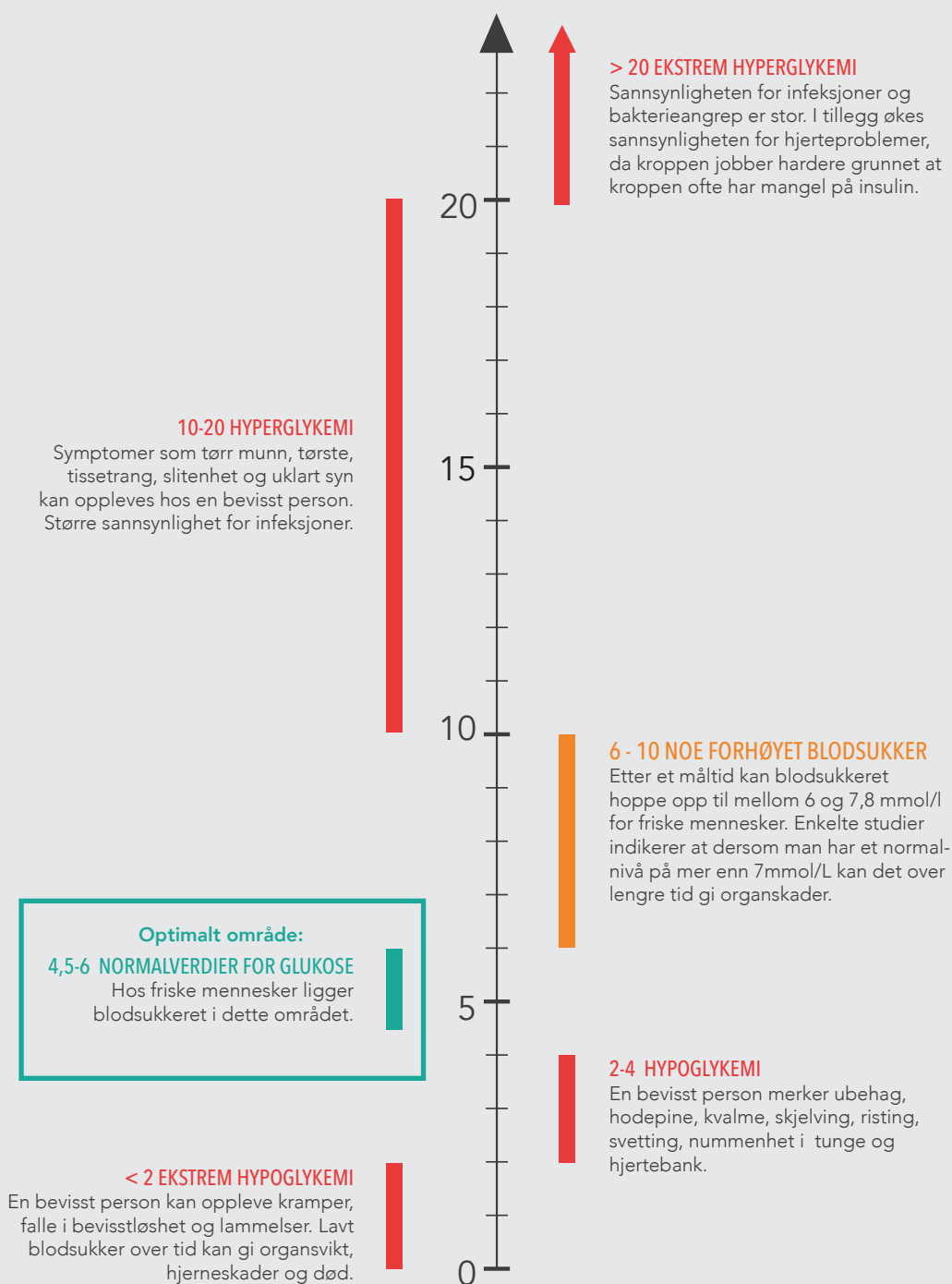
Blodsukker måles i enhetene mmol/L (Europa) eller mg/dL (USA). Et normalt blodsukkernivå ligger mellom 4,5 og 6 mmol/L. Et høyt blodsukker heter på fagspråket hyperglykemi, og et lavt hypoglykemi. Det er generelt ansett som mer farlig å ha for lavt blodsukker enn for høyt. Dette skyldes at konsekvensene er større og mer akutte ved lavt blodsukker. I tillegg så trenger blodsukkeret bare falle noen enheter før man opplever en betraktelig økt risiko med lavt blodsukker, mens det må øke mange enheter, før man har et farlig høyt blodsukker. Inntak av mat er en av faktorene som gjør at blodsukkeret stiger igjen. I samarbeid med klinikere ved intensivavdelingen på St. Olavs laget vi skalaene på de to neste sidene. Dette gav et viktig fundament for å forstå dataen vi skulle designe.

Kompleksitet

Kompleksitet angir egenskapen kroppen har til å regulere blodsukkeret selv. Dette er et felt det gjøres en del forskning på, og en del forskere antar at med kontinuerlig måling av glukose vil man kunne avdekke at kroppen kontinuerlig justerer litt på blodsukkeret (Skjærvold, 2012).

BLODSUKKERSKALAEN

Hos bevisste mennesker målt i mmol/l



BLODSUKKER VED KRITISK SYKDOM

Bakgrunnen for at en person havner på intensivavdelingen er at vedkommende er kritisk syk. Kritisk sykdom kjennetegnes ved at pasienten ofte ikke er ved bevissthet, bruker respirator, eller har organsvikt. Pasientene kan ankomme intensivavdelingen fra mange ulike bakgrunner. Noen kan komme direkte fra akuttmottaket, mens andre kan være pasienter som har vært på sykehuset en god stund og blitt dårligere enn man først trodde.

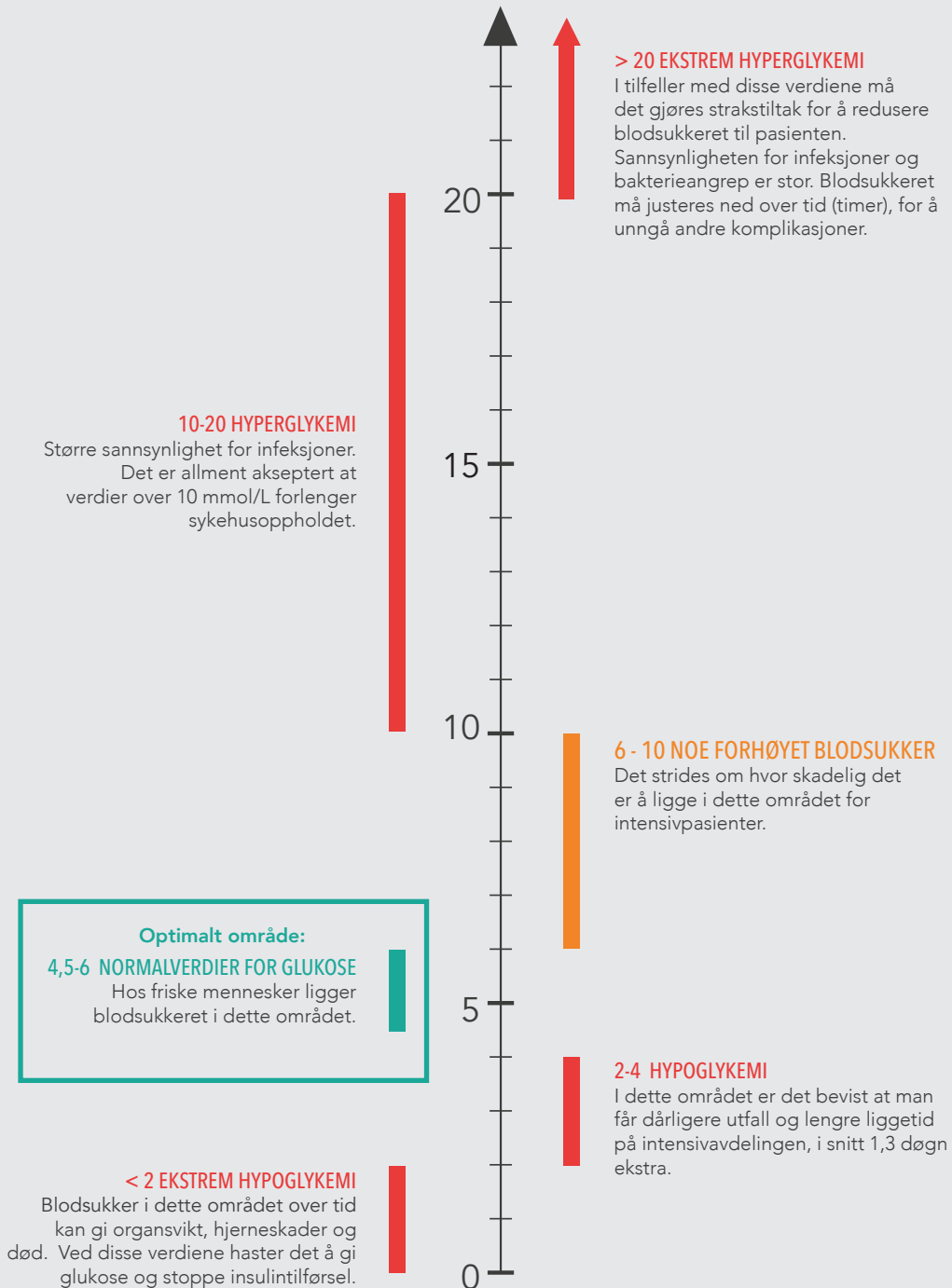
Selv om det er en stor variasjon i hva slags pasienter som er på intensiven, så ankommer et stort flertall intensivavdelingen med blodforgiftning. Blodforgiftning, også kalt sepsis, vil si at man har bakterier i blodbanen. Gjennom intensivbehandling kan pasienten hjelpes med å holde vitale organer i funksjon og den rette balansen i kroppen i den kritiske fasen, mens man får antibiotika og behandling. Pasienten sendes ofte videre når personen kan puste selv og ikke har behov for 24 timers konstant overvåkning.

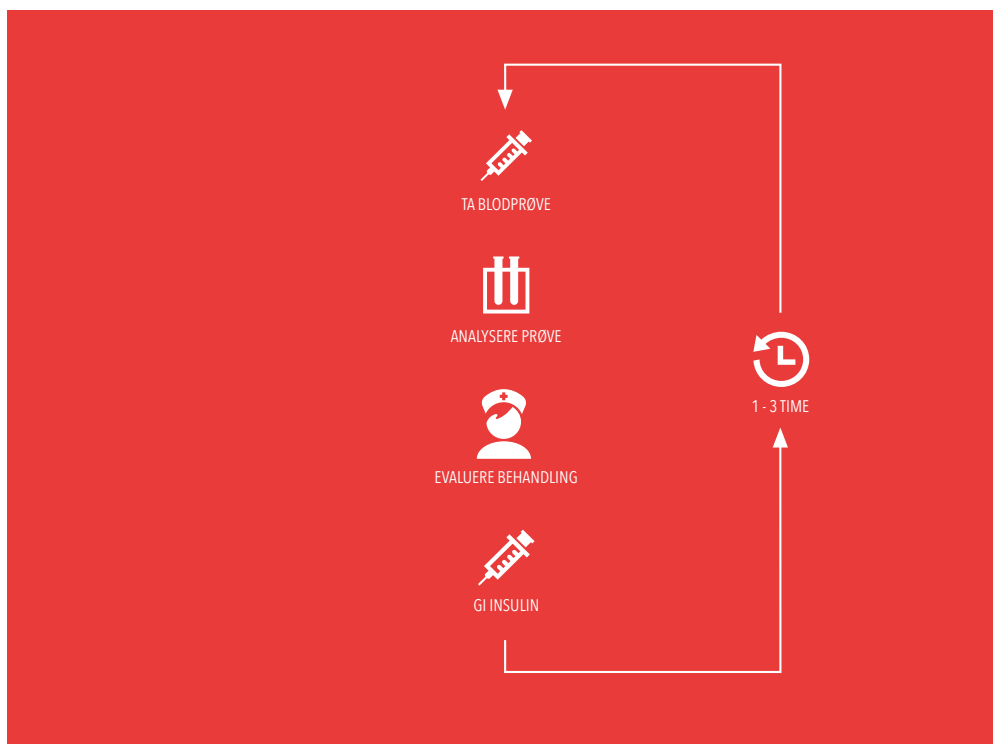
9 av 10 kritisk syke pasienter på intensivavdelinger utvikler hyperglycemia (NRK, 2014), det vil si at blodsukkeret stiger drastisk i været. Man kan omtale denne tilstanden som en midlertidig diabetes. Hyperglykemi skyldes ofte en blanding av flere faktorer, som blant annet en generell organ dysfunksjon og tilføring av medisiner og næring intravenøst. Pasienter på intensiven er sjelden ved bevissthet og har ikke mulighet til å gi uttrykk for at blodsukkeret er for høyt eller lavt. Derfor er man idag avhengig av å regulere dette ved å ta blodprøver, og tilføre insulin intravenøst. Flere studier viser at det er en klar sammenheng mellom dødelighet og blodsukkernivå for intensivpasienter.

Det er en pågående diskusjon om hvilket område pasientene optimalt bør ligge i og hvor stor rekkevidde man kan tillate. Akseptabelt område for blodsukker varierer derfor noe fra land til land og sykehus til sykehus.

BLODSUKKERSKALAEN

Hos menneskser med kritisk sykdom målt i mmol/l





SLIK GJØRES DET IDAG

Idag gjøres prosessen med å måle og justere blodsukkernivået manuelt og hyppigheten varierer utfra pasientens tilstand. Dette gjør at man kun får blodsukkerverdier på punktmålingene, og man har lite grunnlag til å vurdere trend og hva som skjer mellom hvert målepunkt. I praksis er det en prøv og feil metode de benytter for å justere blodsukkeret. Teknologi fra diabetikermarkedet som måler blodsukker kontinuerlig kan ikke benyttes i intensivavdelinger grunnet at de er for unøyaktig på denne typen pasienter.

Ta blodprøve

Ved arteriekateteret trekkes det ut en blodprøve. Arteriekateteret kan kalles en hurtigkobling på pasientens arterie.

Analysere prøve

En annen sykepleier tar med prøven til en blodgassmaskin, der den analyseres. Dette kan ta tid og i enkelte tilfeller kan det være service på maskinen eller kø som gjør at prosessen blir ekstra tidkrevende.

Evaluere behandling

Etter prøven er tatt gjør sykepleieren en evaluering av hvor mye insulin som bør gis.

Gi insulin

To sykepleiere må kvittere for medisinen som gis, og mengden insulin bestemmes utifra sykehusets protokoller.

PROBLEMER

Ta blod fra pasienten

Hver blodgassprøve krever at sykepleieren tar blod fra pasienten. Det er i utgangspunktet snakk om små blodprøver, men dersom man skal justere blodsukkeret mer strengt innen det normale området blir det en betydelig mengde blod.

Situasjonsforståelse

Idag har de kun mulighet til å se enkeltverdier en gang i timen. Man vet ikke om pasienten går mot en bedre eller dårligere tilstand med tanke på blodsukker. Ved vaktskifte eller legevisitt får man kun snakket om grove trender, selv om verdien kan være drastisk på vei nedover.

Ingen tilbakemelding

Dersom sykepleierne gjør feil relatert til blodsukkeret idag er det vanskelig å fange opp. Pasientene er som regel ikke ved

bevissthet og har ikke mulighet til å uttrykke at noe er galt. Dersom man er uheldig kan man risikere at pasienten får et forlenget opphold grunnet et hypoglykemisk tilfelle, eller i verste fall hjerneskader eller død.

Må gå fra pasienten

Ved en del sykehus er det stort press på bemanningen ved intensivavdelingene. Det å måtte gå ifra pasienten for å ta blodgassmåling representerer en økt risiko for pasienten.

Bruk av upresist utstyr

Enkelte sykehus benytter diabetikerutstyr for å måle blodsukkeret til intensivpasientene. Pasientene ved intensivavdelingene har ofte dårlig blodsirkulasjon i de perifere blodårene, og måling med denne typen utstyr gir ofte et unøyaktig måling av blodsukkeret.

VARIASJON I BLODSUKKER

Individuell tilpasning

Blodsukkeret er en av mange variabler som er viktig for en pasient. Hvor viktig den er varierer fra pasient til pasient. For enkelte pasienter med for eksempel blodforgiftning kan det være ekstra viktig å følge med på blodsukkeret. Hos enkelte pasienter som også har diabetes kan kroppen ha vendt seg til å ligge på et litt høyere nivå, og det kan derfor være best å legge blodsukkeret noe høyere hos disse.

Endringer i blodsukker

Ifølge overlege Skjærvold kan det skje en del endringer i blodsukkeret i løpet av fem minutter. I samarbeid med han skisserte vi opp noen ulike scenarier, for å se hvordan blodsukkeret endrer seg over tid. Figuren til høyre viser et slikt eksempel. I situasjoner der kroppen grunnet kritisk sykdom eller operasjon går inn i en "stressmodus" stiger blodsukkeret. Andre grunner til at blodsukkeret stiger kan være inntak av mat eller medisiner.

Korrigere

Man kan forenklet si at man kan korrigerer blodsukkeret ved hjelp av å gi næring intravenøs for å øke og insulin for å senke blodsukkeret. Forenklet kan man si at insulin gjør at cellene åpner dørene og

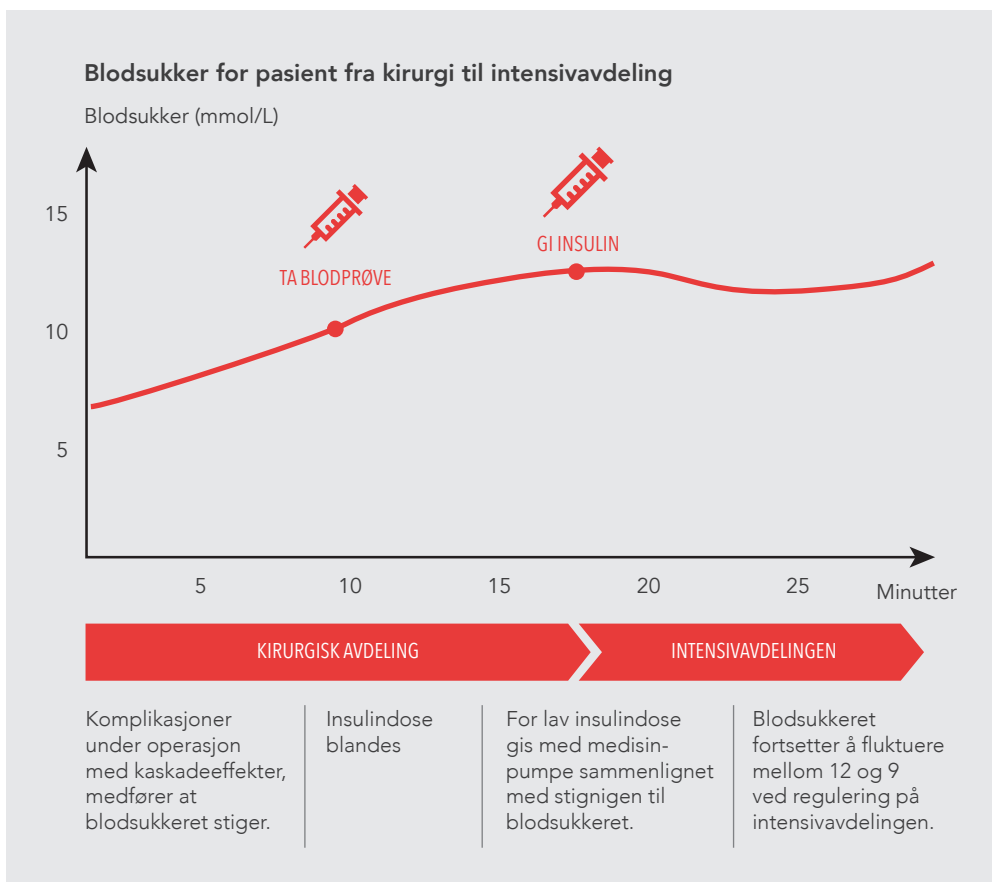
slipper blodsukker inn. Dersom alle cellene er "fulle" og man tilfører mer insulin så vil det ikke ha noen effekt på blodsukkeret. Dette er en av flere faktorer som gjør at det ikke er helt rett frem å bestemme hvor mye insulin som gis og vite hvordan det påvirker pasienten i alle tilfeller.

Senke blodsukkeret gradvis

Dersom man gir mye insulin på en gang kan pasienten oppleve midlertidig "insulinresistens". Det kan forenklet forklares som at cellene eller vevet i kroppen ikke kan lagre mer glucose. Da kan pasienten ha mye insulin i blodet, å senke glukosekonsentrasjonen vil ha en mindre effekt siden cellene allerede er mettet med glukose. På grunn av dette og andre fysiologiske faktorer ønsker leger ofte å senke blodsukkeret gradvis for pasienter.

Redd for å fullkorrigere

Ifølge overlege Skjærvold er mange leger og sykepleiere forsiktige med å gi nok insulin når blodsukkeret stiger. Dette skyldes at de er redd for å få et hypoglykemisk tilfelle. Derfor tar det ofte litt tid før blodsukkeret kommer ned til riktig nivå igjen.



ET EKSEMPEL ↑

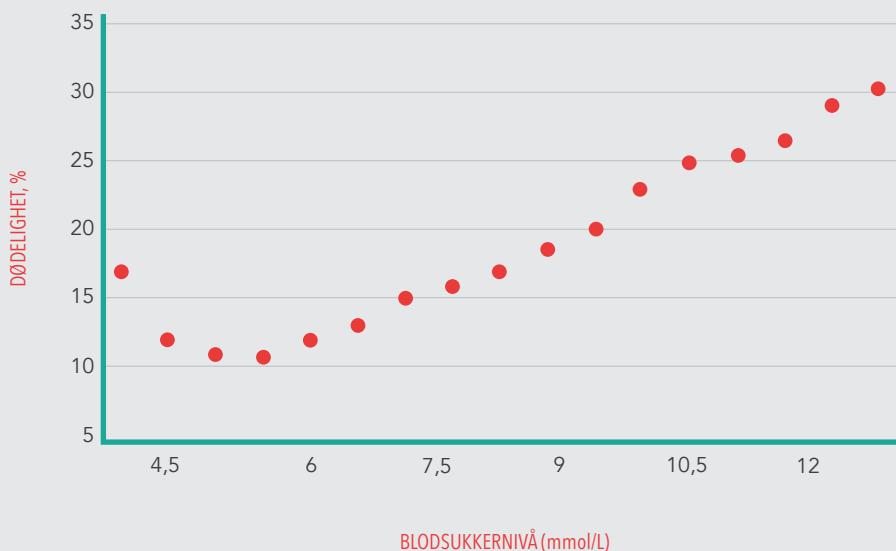
Det er ikke lett å justere blodsukkeret perfekt med dagens metoder.

Ikke mest kritisk

Ved en operasjonssituasjon som beskrevet over er ikke blodsukkeret den mest kritiske faktoren. Det vil for eksempel haste mer å bestille mer blod til en blødende pasient enn å justere blodsukkeret riktig. Ved flytting av en pasient tas ofte blodgassprøver først etter at det viktigste utstyret som respirator, EKG og medisinpumper er koblet på plass.

Konklusjon

Pasientforløpene kan være svært varierte og behandlingen relatert til blodsukker må tilpasses individuelt til hver pasient. Derfor må det være mulig å tilpasse alarmgrenser individuelt for hver pasient og de ulike delene av behandlingsforløpet. Blodsukkerskalaen og tilstander i programmet bør sørge for at løsningen fanger opp spesialtilfeller med blodsukker på opp til 60 mmol/L, samtidig som dekker pasienter med mer normale blodsukkerverdier.



FORSKNINGSKONTROVERS

Hvor bør blodsukkeret optimalt ligge?

Rundt årtusenskifte viste flere studier at blodsukkerverdier innenfor det normale området, mellom 4,5 og 6 mmol/L, kan føre til kortere opphold på intensivavdelinger, færre komplikasjoner og lavere dødelighet. Ovenfor er sammenhengen mellom dødelighet og blodsukkernivå vist. Studier i ettertid har ikke klart å reprodusere disse funnene, og blodsukker i intensivbehandling er blitt et kontroversielt tema i forskningsmiljøet.

Noen mener den nyere forskningen viser at det ikke er en sammenheng mellom strengt regulert blodsukker og dødelighet, mens andre hevder at grunnen til at man ikke klarer å gjenspeile resultatene skyldes at det krever en mer nøyaktig tilnærming med bedre metodikk og måleteknologi.

Status idag

St. Olavs Hospital og flere andre sykehus praktiserer en grense for tiltak på blodsukker på 10 mmol/L. Dette skyldes at forskning fortsatt er uklar på effekten av å regulere blodsukker strengt i det normale området. I tillegg er det

DØDELIGHET ↑

Basert på blodsukkernivå til pasienter uten diabetes (Kosiborod, 2005).



BEVIS FRA FORSKNING

Trenger bevis fra forskning for
etterspørsel og finansiering



Trenger apparat for å få bevist forskning



MEDISINSK APPARAT

veldig farlig å regulere blodsukkeret for lavt, mens det å ha det litt for høyt ikke er ansett som like farlig. Siden man idag heller ikke har utstyr til å kontrollere blodsukkeret, legger man ofte blodsukkeret høyere enn det normale området for å være på den sikre siden.

Utfordrende posisjon

For å få finansiering til å utvikle ny medisinsk teknologi er man avhengig av å vise til forskning som støtter denne. Samtidig trenger man ofte ny teknologi for å avdekke nye sammenhenger i medisinsk forskning. GlucoSet sitter med en lovende teknologi, som kan være nøkkelen til en ny og livsreddende sykehuspraksis.

Fremtid

GlucoSet tror at man med bedre teknologi vil kunne bevise sammenhengen mellom et streng regulert blodsukker og dødelighet.

Konklusjon

Grunnet at forskningen er uklar på effekten av streng justering av blodsukker, har ulike sykehus ulike optimale områder for blodsukkeret til intensivpasienter. GlucoSet satser på at fremtidig praksis blir 4,5 - 6 mmol/L, og vi vil designe for dette scenarioet. Siden dette er en annerledes praksis enn idag, stiller det krav til at vi klarer å kommunisere dette i møtet med brukerne.

UTFORDRING

Å utvikle et apparat som skal gjøre noe nytt kan være en utfordring da det gjerne ikke finnes forskning som kan bekrefte effekten apparatet har.



BRUKERNE

Hvem er de?
Hva er viktig for dem?



PASIENTEN I SENTRUM

Ved prosjektets start hadde vi lite kunnskap om de potensielle brukerne av produktet. Vi hadde mange ubesvarte spørsmål. Hvem er i kontakt med GlucoSets instrument? Hvem er primærbrukerene og hva anser de som sine viktigste oppgaver? Hvem er eventuelle sekundær- og tertiærbrukere og hva er deres interesser?

Gjennom intervjuer, co-creation, skygging og sekundærresearch har vi fått en bredere forståelse av brukerne og konteksten. Vi har sett at gjennomgående for aktørene på sykehuset er et fokus på at pasienten skal være i sentrum.

Dette kapittelet er en kartlegging av de ulike brukerne, med hovedvekt på primærbrukeren, sykepleieren. Produktet er innom mange aktører før det kommer til brukskonteksten, disse er drøftet mer i markedskapitlet.



Distribusjon og frakt



Levering



Pakke opp og montere



Kursing

PRODUKTETS REISE

Hvem er produktet i kontakt med?

Fra produktet sendes til distributør til det er i aktiv bruk på sykehuset, er det innom mange direkte og indirekte brukere. GlucoSet er en liten oppstartsbedrift, og de er avhengig av å lykkes på første forsøk når de lanserer sitt produkt, derfor er det viktig at de scorer høyt hos flest mulig av interessentene.

Distribusjon og frakt

Innkjøpsprosessen til sykehus håndteres mer i markedskapittelet. En forståelse av hvordan denne foregår og hvilke argumenter som er avgjørende, er essensielt for å i det hele tatt få produktet ut hos kunde.

Levering

Her er det første møtet med produktet. Dette kontaktpunktet vil være avhengig av hvilke distributører GlucoSet velger i de ulike landene. Dersom det er et nytt produkt, er som regel distributøren med og presenterer produktet. Det bestilles gjerne flere samtidig.

Pakke opp og montere

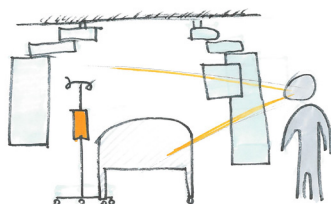
Ved innkjøp av nytt dyrere utstyr er det vanlig at sykehuset får ha en prøvetid på utstyr før de bestemmer seg om det skal kjøpes. Da er ofte distributøren aktivt inne i bildet og prøver å gi produktet en god start. Dette gjelder spesielt for dyrt spesialutstyr. Mer innarbeidede produkter håndteres av teknisk avdeling på sykehuset.



Sette opp på intensivavdeling



Rengjøring



Daglig passiv bruk



Daglig aktiv bruk

Kursing og service

Det er lovpålagt med kursing av ansatte i nytt utstyr. Det er vanlig å bestille kurs, service og utstyr i en pakke. Kursing tilbys av distributørene av utstyret, men det hender også at sykehusene håndterer det internt. Dersom det ikke finnes en egen serviceavtale med distributør håndterer teknisk avdeling produktet ved feil.

Montering på intensivavdeling

Teknisk avdeling sørger for at apparater kan sende og motta informasjon via sykehusets system. Ut fra størrelsen til GlucoSets produkt, er det mest sannsynlig at sykepleierne vil montere produktet på intensivavdelingen.

Rengjøring

Rengjøringsavdelingen på St. Olavs har ansvar for å sørge for det daglige renholdet av intensivrom og utstyr.

Daglig passiv bruk

All bruk der apparatet kun logger blodsukker uten å måtte interagere direkte med noen av brukerne. Sykepleieren vil kun skimte bort på apparatet iblant for å se hvor verdiene ligger.

Daglig aktiv bruk

Med en gang det går en alarm eller alert, eller sykepleieren skal vise legen noe på apparatet går man over i aktiv bruk. Det kan være inntasting av verdier, dempe alarmer og annen aktiv bruk av grensesnittet.

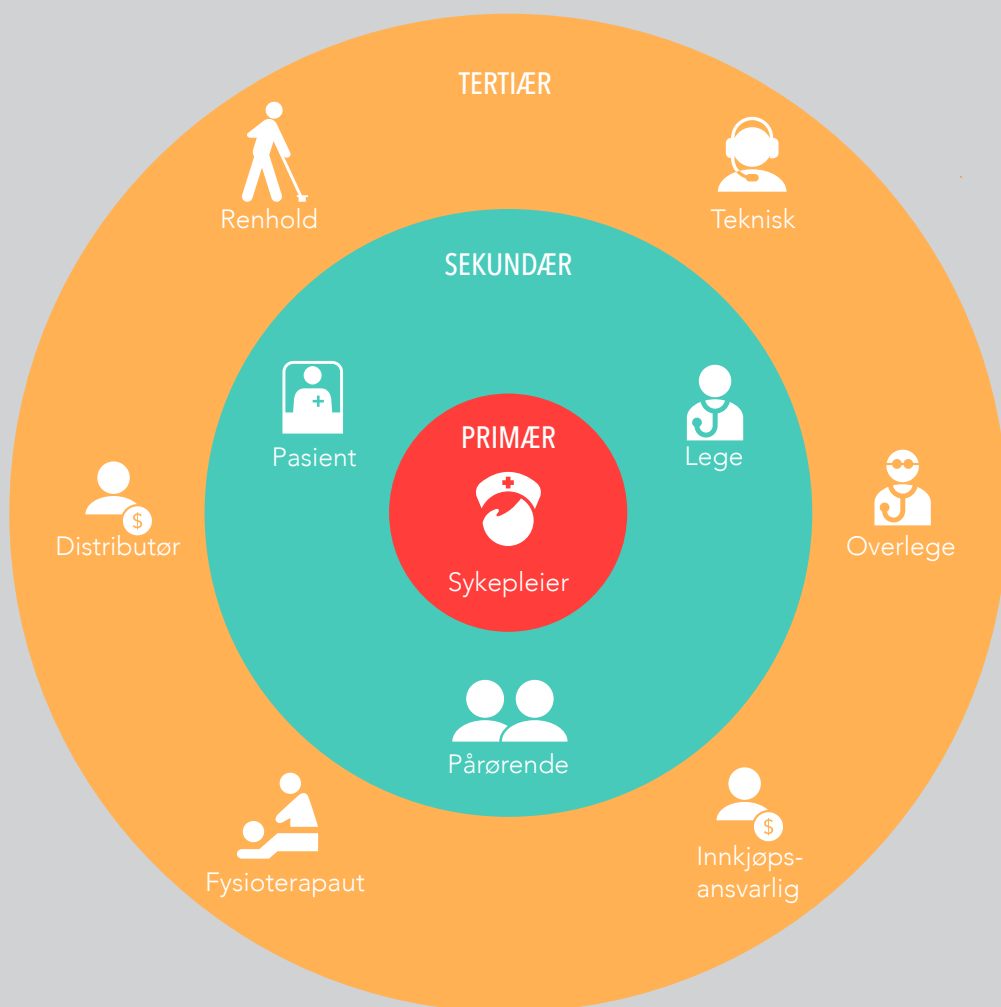
HVILKEN BRUKER ER VIKTIGST?

Pasienten i sentrum

Er det sykepleierne, legen eller pasienten som bør være i sentrum ved designet av GlucoSets apparat? Sykehuset har pasientene som sitt fokus. Pasientens helse må være i sentrum ved utvikling og salg av enheten. GlucoSets instrument må først og fremst sørge for at flere pasienter overlever, og at de blir fortere friske. Det ligger i sykehusenes natur å ha fokus på dette, så dette vil være det viktigste og mest grunnleggende salgsargumentet også. Sykepleieren er den som mest aktivt vil bruke instrumentet og som er nærmest intensivpasienten til enhver tid. Derfor er det naturlig å regne sykepleieren som primærbruker av instrumentet. Dersom sykepleieren ikke liker instrumentet blir det ikke brukt, og dersom sykepleieren eller legen gjør feil går det utover pasienten.

Ulikt fokus

For å sikre at pasientenes sikkerhet er ivaretatt har sykehuset mange prosedyrer og regler. Ansvarer er fordelt utover de ulike spesialiserte enhetene på sykehuset. Dette gjør at det fort kan oppstå silotenkning. Renholdsavdelingen har for eksempel et veldig sterkt fokus på prosedyrene knyttet til renhold. De ulike avdelingene på sykehuset opplever produktene svært ulikt, og kan komme med grunnleggende motstridende ønsker og krav. For eksempel vil ansatte ved teknisk-avdeling og sykepleiere ha svært ulike krav og behov knyttet til produktene. Å forstå og vektlegge de sentrale og perifere brukerne er viktig for å få en forståelse av systemet produktet skal inngå i.



PRIMÆRBRUKER

Intensivsykepleieren

Selv om pasienten er i sentrum for utvikling og design, så vil vi definere sykepleieren som primærbrukeren av produktet. Pasienten vil i over 90% av oppholdet på intensivavdelingen være bevisstløs og ikke legge merke til apparatet, mens sykepleieren vil håndtere oppkobling av sensor, kalibrering, alarmer osv. Sykepleieren er på rommet til pasienten og følger med på hvordan pasientens tilstand endrer seg over tid, og vil ha stor nytte av apparatet i sin rolle.



SEKUNDÆRBRUKERE

Legene

Etter sykepleierne er legene den nest viktigste brukeren av GlucoSets instrument. De har det kliniske hovedansvaret for pasienten og er avhengig av å få oversikt over pasientens tilstand fort. De lytter ofte til sykepleiernes råd, men har alltid mandat til å overstyre sykepleiernes forslag. Ifølge sykepleiere vi har snakket med er det mye sterkere samarbeid mellom sykepleiere og leger i Norge, enn i en del andre land. I Norge bestemmes pasientens videre behandling i spennet mellom sykepleier og lege, mens det i en del andre land bestemmes nesten utelukkende av legen.



Pasient.

Med unntak av at selve apparatet skal ivareta pasientens helse, så er pasienten mest relevant når det kommer til engangsdelen av GlucoSet og kabelen som går til denne. Pasientene er som regel ikke ved bevisst tilstand, men ved slutten av et vellykket intensivopphold kvikner de litt til, og da kan de for eksempel i halvbevisst tilstand gripe etter slanger og ledninger og prøve å rive de av. Utstyr som ligger dårlig plassert i sengen kan også føre til liggesår om det blir liggende feil over tid.



Pårørende.

De pårørende er en stor og variert gruppe. De er uønskede brukere av GlucoSets produkt. Ifølge sykepleiere er det ikke et problem at pårørende tukler med apparater, og det er til enhver tid en sykepleier som passer på pasienten, men pårørende kan oppfatte maskinene som skumle og bli skremt når alarmer går.



TERTIÆRBRUKERE

Overlege

Overlegen ved avdelingen har det overordnede ansvaret for avdelingen. Han må forsvare hva som brukes av midler på innkjøp og bemanning. Han er opptatt av tiltak som har klinisk effekt eller kan være lønnsomme for avdelingen. Pasientenes sikkerhet og de ansatte er viktige for han.



Renhold

Rengjøringsavdelingen har ansvar for rengjøring av rom og utstyr. De sørger for at prosedyrer knyttet til renhold blir fulgt. Det finnes ofte egne prosedyrer for rengjøring av ulike apparater. Noen instrumenter krever blant annet at man bruker spesielle desinfeksjonsmidler for å ikke ødelegge overflaten på produktet.



Teknisk avdeling

Teknisk avdeling sørger for vedlikehold, elektronisk sikkerhet, pasientsikkerhet, IT-sikkerhet og lignende. De har et systemfokus på teknisk utstyr på sykehuset, og har fokus på verdien av å automatisere og tilpasse systemer som sparer papirarbeid og minsker faren for menneskelige feil.



Fysioterapeut

Fysioterapauten som besøker intensivsen har ansvar for å hjelpe pasienten opp og få beveget litt på kroppen mens de ligger på intensivsen. Blant annet er det viktig å få pasienten til å sitte opp så han får hostet. For fysioterapauten vil det først og fremst være viktig at apparatet ikke er veien når personen skal gjøre sin jobb.



Distributør

Distributøren har ansvaret for salg, kursing og service. For distributøren kan det være viktig med godt kursmateriell og at for eksempel apparatet har en demo-modus, slik at han fort kan vise fram og illustrere hvordan apparatet fungerer i en salgssituasjon.



Innkjøpsavdeling

Innkjøpsansvarlig på sykehuset har ansvar for innkjøpsprosesser, lager og logistikk. Innkjøp kan du lese mer om i markedskapitlet.



SYKEPLEIEREN

Intensivsykepleieren vil være den personen som kommer til å bruke apparatet mest. Intensivsykepleiere har en toårig spesialisering og har mer trening i å bruke teknisk utstyr enn sykepleiere generelt har. En del av intensivsykepleierens oppgaver og konteksten de jobber i er allerede beskrevet i kapittelet om blodsukker og intensivavdelinger. Her vil vi se nærmere på noen viktige aspekter vedrørende sykepleierne og hvordan de jobber.

Sykepleierens rolle

Legen har det fulle ansvaret for alle pasientene på intensivavdelingen, og alle beslutninger om behandling skal bekreftes av legen eller protokollene på sykehuset før sykepleieren kan igangsette disse. Selv om legen har det overordnede ansvaret for pasientens behandling, er ofte beslutningsprosessen et samspill mellom lege og sykepleier. Ved norske intensivavdelinger blir sykepleierens observasjoner og forslag tatt til betraktning og ofte fulgt. Enkelte ganger kan det oppstå diskusjoner mellom lege og sykepleier, men legen vil alltid ha det siste ordet.

Forhold til pasient

Pasientene på intensiv er stort sett bevisstløse, komatøse eller sterkt påvirket av medisiner. Sykepleierene snakker likevel

ofte med pasientene når de interagerer med dem. Sykepleierne jobber gjerne med samme pasient flere vakter etter hverandre og kjenner relativt godt til deres status, sykehistorie og diagnose.

Pårørende

Å ivareta de pårørende er ifølge sykepleieren en viktig del av hverdagen. De må forklare mye for pårørende, og de prøver å hjelpe pårørende holde fokus på sin nærmeste og ikke bli overveldet av apparatene rundt.

Mange kritiske faktorer

Som forklart i kapittelet om blodsukker og intensivavdelinger, har sykepleieren mange og varierte oppgaver. Det å måle blodsukker er bare en av dem. Det er viktig å huske at apparatet skal fungere i en setting der det allerede er mange tekniske apparater. Mesteparten av tiden vil ikke blodsukker være den verdien som er mest kritisk for pasienten.

Når ting skjer

Når noe skjer på et intensivrom tar det ofte kort tid før sykepleieren får ekstra hjelp. Da kan det fort gå fra en sykepleier til tre sykepleiere og en lege. Da er det viktig at det går fort å sette seg inn i status til pasienten og få med seg hvordan tilstanden endrer seg.



Grensehøyt, høyt, ekstremt høyt

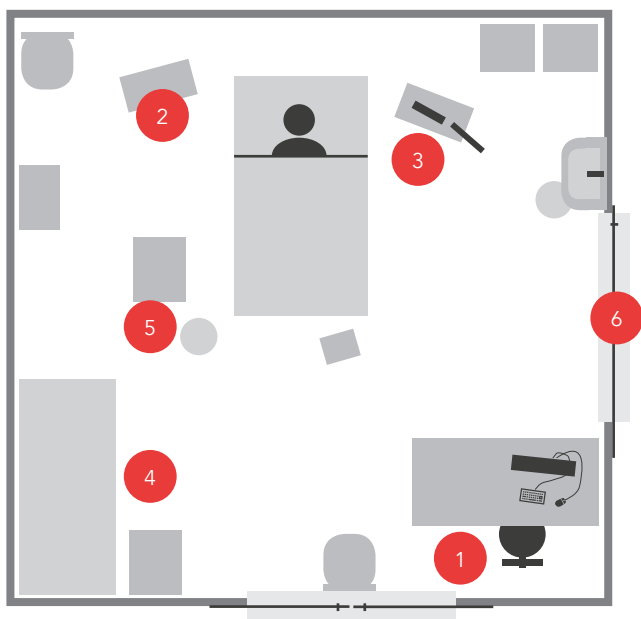
Når sykepleierne snakket om ulike verdier knyttet til en pasient sa de ofte ord som "grensehøyt", "høyt" og "ekstremt høyt". Sykepleierne er svært vant til apparater der de stiller alarmgrenser og å holde oversikt over pasienten.

Gjenkjenne mønstre

Sykepleierne er opptatt av å kunne se trender og gjenkjenne mønstre når de behandler pasienten. Enkelte vi har vært i kontakt med har sagt at det er viktigere å se trenden til blodsukkeret enn selve verdien. Det å kunne forutse pasientens tilstand og å se sammenhenger mellom parametere som måles, er viktig for sykepleierne.

RELASJONER ↑

En sykepleier er nødt til å forholde seg mange forskjellige mennesker i løpet av en vanlig arbeidsdag.



ARBEIDSSOMRÅDER

Fra tre runder med skygging på St. Olavs la vi merke til hvordan sykepleieren brukte hele intensivrommet til ulike typer arbeid.



BEVEGELSESMØNSTER

Varmekart basert på sykepleierens bevegelser i rommet i løpet av en time under kveldsvakt. Pasienten var stabil, men hadde store vitale dysfunksjoner. I løpet av denne tiden foregikk det justering av medisinpumper, stell av pasient, rutineinteraksjoner med dialysemaskin med mer.

1

"Stand by" plassen

I perioder kan sykepleieren sitte lenge ved pulten og følge med på pasienten. Av og til i kombinasjon med at hun ser gjennom journalsystemet eller fører noe inn.

2

Medisinpumper og pleie

Sykepleieren er ofte i dette området og justerer på pumpene, intravenøs-væsken eller pleier pasienten. Her er det avsug for å rense mage og lungene til pasienten for væske.

3

Pleie

Her står sykepleieren/sykepleiere under stell og pleie av pasienten. Hun har også lettere tilgang på respirasjonsutstyr og pasientmonitoren herfra.

4

Arbeidsbenken

På arbeidsbenken forberedes medisin, utstyr og lignende. Her er det også en perm med pasientforløp og prosedyrer, samt en telefon.

5

Dialyseapparat

Dialyseapparatet krever mye jobb fra sykepleieren. Store poser med ulike væsker må byttes hver time. Dialysemaskin brukes av de mest krevende pasientene med nyresvikt.

6

Henter hjelp

Sykepleieren henter ofte inn andre sykepleiere for å ta blodgassmålinger eller passe på mens hun selv for eksempel spiser middag eller besøker toalettet. I noen tilfeller spør hun sykepleieren i naborommet om hun kan følge med.

SYKEPLEIERENS BLIKK



MEDISINER OG NÆRING

Denne informasjonen kommer i annen rekke, men er veldig viktig med tanke på langtidsbehandlingen av pasienten. Alarmer kan haste.

PASIENTEN

Hovedfokuset til sykepleieren er på pasienten



VITAL INFORMASJON

Sykepleier ser i dette området for å finne vital informasjon om pasienten. Alarmer herfra er viktige

PERSONAS

For å ta vare på mye av kunnskapen vi hadde opparbeidet oss om intensivsykepleierne laget vi tre personas som gav en forståelse av spennet i brukere. Personlighetene er basert på erfaringer fra tre intensivavdelinger i Norge gjennom intervju med seks sykepleiere, aktiviteter og skygging av intensivsykepleiere gjennom tre vakter.

Ved å sette ord på ulike ting vi hadde lagt merke til i feltarbeidet ble det også tydeligere for oss hvem vi designet for, og vi hadde et verktøy for å minne oss selv om hvem som var brukeren. Dette var nyttig når vi diskuterte konkrete problemstillinger. På et tidspunkt diskuterte vi for eksempel om sykepleierne ville ta med instrumentet under transport eller koble fra sensoren og la instrumentet stå. Her kom vi fram til at erfarne sykepleiere som personasen "Maud" mest sannsynlig ville koble fra sensoren hver gang, mens "Astrid" ville kunne tenke seg å ha den med under transport, spesielt for pasienter i faresonen.

DEN ER FARNE



Maud

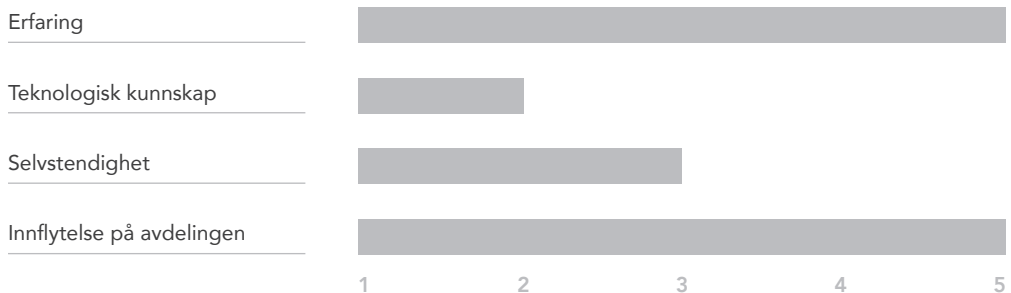
Alder: 52 år
 Sivilstatus: Gift, to sønner som har flyttet ut
 År som sykepleier: 23, hvorav 16 på intensiven
 Mobil: Nokia 515

“Det er mye ekstra funksjoner som vi ikke bruker”

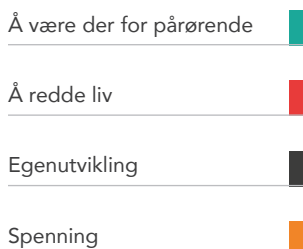
Maud har jobbet på intensiven så lenge hun kan huske. Hun er en som de andre sykepleierne stoler på og ser opp til. Med erfaringer fra flere intensivavdelinger har Maud opparbeidet seg sterke meninger om hvordan en slik avdeling bør driftes. Som tillitsvalgt har hun ved flere anledninger kjempet for at avdelingen skal få tilstrekkelig med ressurser.

Når det kommer til bruk av apparater føler Maud seg litt usikker. Det kommer stadig nye apparater med nye prosedyrer for behandling. Man rekker så vidt å bli komfortabel med det gamle apparatet før det kommer et nytt. Maud pleier å si at hun kan forutse en potensielt farlig situasjon før et apparat, kun ved å se på ansiktet eller kroppen til pasienten. Det er veldig viktig å ligge på forskudd og ta ting før det skjer.

Egenskaper



Motivasjonsfaktorer



DEN TEKNOLIINTERESSERTE



Astrid

Alder: 42 år
 Sivilstatus: Gift, tre barn
 År som sykepleier: 15, hvorav 6 på intensiven
 Mobil: iPhone 5

“Det beste er å vite at man gjør en god jobb.”

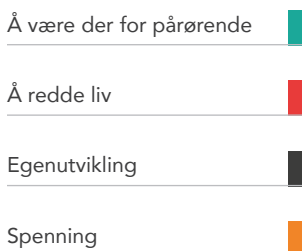
Astrid føler seg fortsatt litt ny på intensivavdelingen. Det kan være litt ensomt som intensivsykepleier alene på et rom. Hun er kanskje den som er mest oppdatert på nytt teknisk utstyr, men hun er litt redd for å gjøre feilvurderinger av pasientens tilstand. Legenes forslag og beslutninger blir sjelden diskutert om legen ikke spør Astrid direkte. Hun liker å få bekreftelse fra lege eller medsykepleier på pasientens status og behov. Astrid gjør den beste jobben når hun kan ha ansvaret for samme pasient flere vakter etter hverandre.

Hun liker å følge med på utviklingen innen intensivmedisin og nytt teknisk utstyr, og hun er litt misunnelig på nytt utstyr som tas i bruk på andre intensivavdelinger. Hun ønsker seg mer apple-lignende grensesnitt. Hun synes det kan gå litt mye alarmer, og forteller at det i noen situasjoner kan koke litt i hodet.

Egenskaper



Motivasjonsfaktorer



DEN NYE MANNLIGE



Stig

Alder: 31 år

Sivilstatus: Samboer, akkurat blitt småbarnsfar

År som sykepleier: 7, hvorav 3 på intensiv

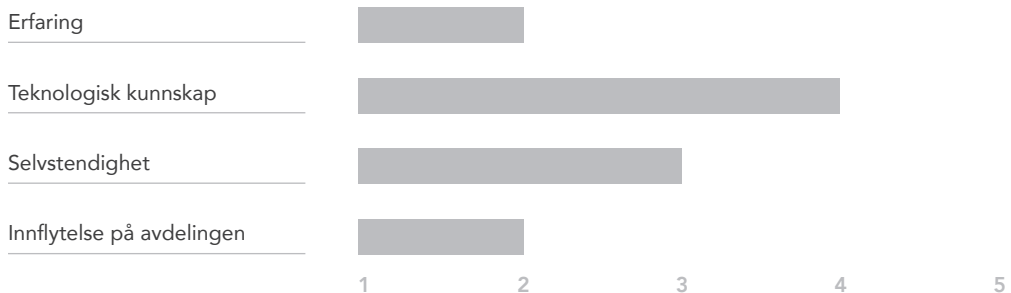
Mobil: Sony Xperia Z3

“Det er spennende når det skjer ting.”

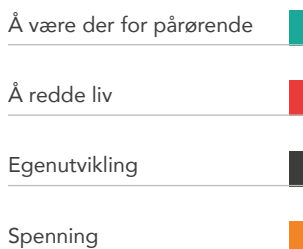
Stig valgte spesialisering innen intensivmedisin siden han syntes det virket som en retning med en spennende og krevende arbeidshverdag. Han er fortsatt litt ny og er nesten den eneste mannlige sykepleieren på avdelingen, men han trives allikevel godt i jobben og liker litt oppmerksomhet. Han synes det er lav terskel for å spørre om hjelp på avdelingen og liker å delta i vurderingen av pasientens videre behandlingsløp med legene.

Han har sjelden hovedansvaret for enkeltpasienter, men har en rolle der han hjelper til på de rommene det trengs. Det hender Stig irriterer seg over ineffektive sider av sykehuset. Blant annet synes han det er irriterende å lete etter utstyr som blir borte eller personale han ikke får tak i.

Egenskaper



Motivasjonsfaktorer





PASIENTEN

Bevissthet

Pasientene som er innlagt på intensivavdelingen er som regel ikke ved full bevissthet, men det hender de husker fragmenterte deler av oppholdet. Pasientene som blir mer bevisste iløpet av oppholdet kan oppleve frustrasjon ved å ikke kunne utrykke seg og hallusinasjoner på grunn av sterke medisiner (Royal Berkshire Hospital, 2012). Ifølge en lege ved Royal Berkshire Hospital, er det ikke uvanlig at pasienter kan sitte igjen med sterke traumer etter et intensivopphold.

Slanger og ledninger i seng

Det er mange slanger og ledninger koblet til pasienten. Sykepleierne har erfaring med å håndtere dette, men det kan allikevel fort bli ledning og slange-spagetti når pasienten flyttes. Når pasienten kvikner til hender det at de prøver å dra av slangene, da må sykepleierne holde pasienten fast.

Pårørende

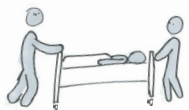
Å ha noen kritisk syke i familien er en stor påkjenning for de pårørende. En del kan bli overveldet av alt utstyret, og sykepleierne bruker ofte en del tid på å forklare hva som skjer med pasienten, og prøver å hjelpe de pårørende til å fokusere på pasienten og ikke på utstyret.

ARTERIEKATETER

Arteriekateter til en pasient på Drammen sykehus. pasienten var i dette tilfellet helt bevisst.

HVA SKJER MED PASIENTEN?

Figuren viser hva som typisk skjer med pasienten i løpet av et opphold på intensivavdelingen.



Flytting av pasient

I løpet av et opphold på intensivavdelingen kan det være behov for å sende personen til røntgenavbildning, kirurgi eller andre rom på avdelingen.



Justere seng

Pasientene har ofte dårlig blodsirkulasjon, og er ekstra utsatt for liggesår. Pasientene må ofte snus flere ganger om dagen for å unngå liggesår. Derfor er det viktig at det er enklest mulig for sykepleierne å kunne justere sengen eller flytte pasienten uten for mye problemer.



Vaske pasient

Pasienten vaskes og stelles i løpet av oppholdet på intensivavdelingen. Her samarbeider gjerne flere sykepleiere for å snu pasienter som blir slappe og tunge når de ligger bevisstløse.



Fysioterapi

Pasienter som begynner å komme til bevissthet får ofte besøk av fysioterapauten for å få sittet litt oppreist og bevege litt på kroppen.



Snuble i ledning

Alt av slanger og ledninger som er koblet til pasienten representerer en utfordring for sykepleieren. Dette er likevel noe de er godt vant med.

INTENSIVLEGE

Intensivlegene har ansvaret for mange pasienter og skal ha vært innom alle pasientene i løpet av en vakt, men det hender at de ikke rekker dette, ifølge sykepleiere vi har snakket med. I intervju med en intensivlege fortalte han at han ofte kunne gå gjennom avdelingen og nesten ubevisst snappe opp når det var noe galt. I enkelte tilfeller kunne det være nok med et glimt på pasienten, monitoren eller å høre på pusterytmen til pasienten.

Langsiktig behandling

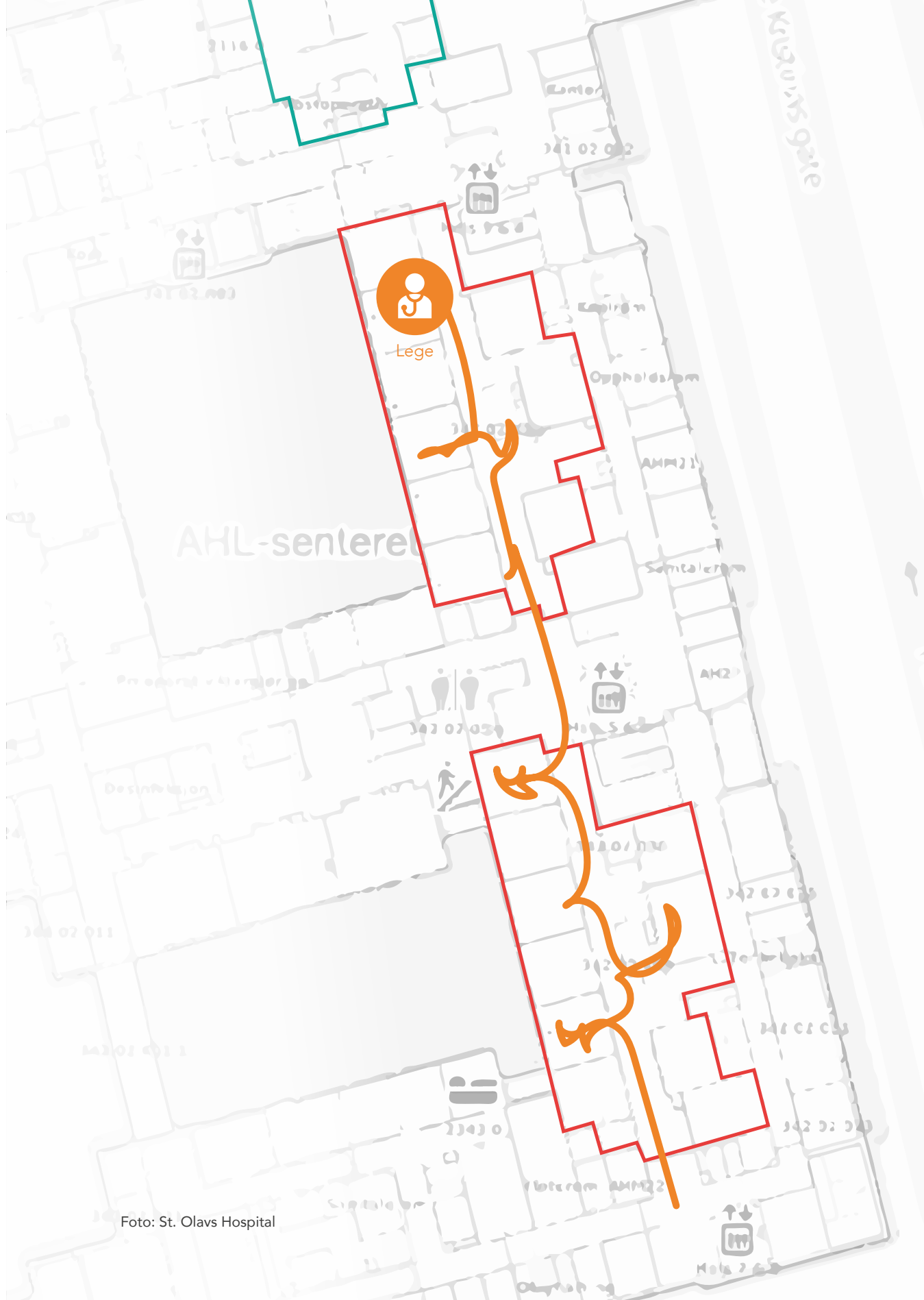
Intensivlegene samarbeider med legene ved pasientens moderavdeling om vurdering av rett behandlingsløp videre. Moderavdelingen vil si avdelingen pasienten har sin bakgrunn i fra tidligere.

Intensivlegens bevegelsesmønster

Legene er avhengige av å få en rask oversikt over status når de kommer inn på pasientens rom. Av denne grunn ønsker mange at rom og utstyr skal være mest mulig standardisert, slik at de slipper å omstille seg mellom rommene. Da en av legene forklarte hva han så etter på et intensivrom, ble han plutselig usikker på om han så på grafene eller tallene på pasientmonitoren, da dette var så innarbeidet at nærmest var blitt en ubevisst handling.

BEVEGELSESMØNSTER

Figuren viser legenes bevegelsesmønster gjennom intensivavdelingen. Mange forespørsler og avbrytninger preger hvordan legen beveger seg.



Lege

AHL-senteret

Kongs gate



MEDISINSK UTSTYR

Hva kjennetegner medisinsk utstyr idag?
Hva er morgendagens trender?

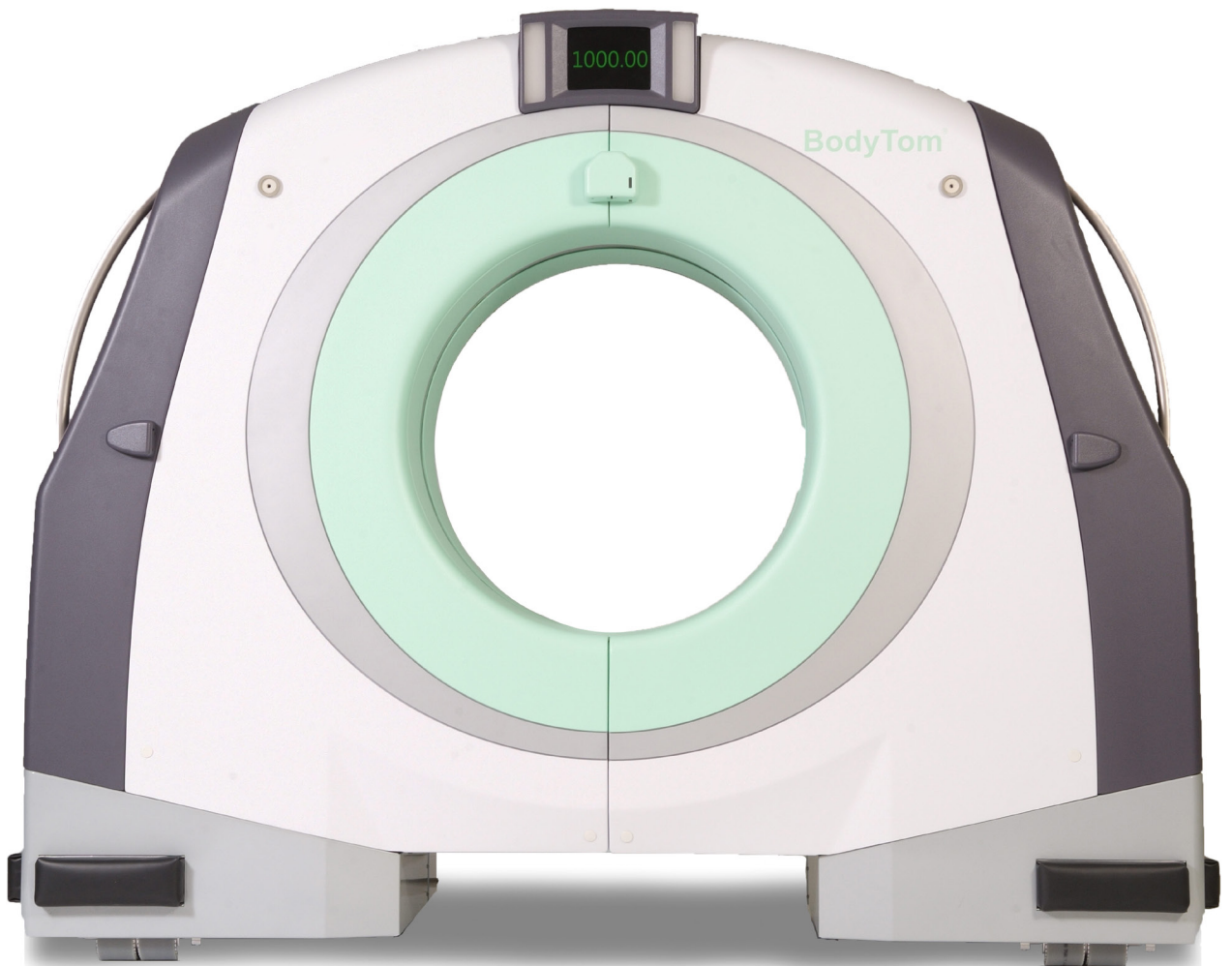


Foto: Samsung Tomorrow

Å DESIGNER FOR HELSE

Som ferske designere av et medisinsk apparat innså vi tidlig hvor lite vi egentlig visste om medisinsk utstyr. En rekke spørsmål dukket opp; "Må alt være sterilt?", "Forventes det at medisinske apparater i dag har touchskjerm?". Én ting vi lurte spesielt på var i hvilken grad medisinsk teknisk utstyr følger utviklingsretninger vi er vant med fra produkter vi daglig omgir oss med. Gjennom intervjuer, observasjon og sekundær-research forsøkte vi å skaffe oss et overblikk over dagens og morgendagens trender innen medisinsk teknisk utstyr. Dette kapittelet er et resultat av innsikten vi har opparbeidet oss.

Kapittelet presenterer relevante faktorer for design av medisinsk teknisk utstyr og ser nærmere på trender. Kapittelet kan på en måte ses på som et verktøy for designere. Noen av disse trendene er svært generelle og kan anses som aktuelle for det meste av utstyr som skal brukes i sykehussammenheng, mens andre er mer relevante for apparater som ligner GlucoSets.

STRENGT REGULERT

Utvikling, produksjon og oppfølging av medisinsk utstyr er strengt regulert. Paul Fredriksen, tidligere kvalitetssystemansvarlig i GE Health, mener utvikling og salg av medisinsk utstyr er den mest regulerede bransjen etter flybransjen. U.S. Food and Drug Administration (FDA) regulerer medisinske apparater i USA, mens de i Europa godkjennes av private firmaer som Nemko, etter direktiver fra EU.

Kvalitetssystem

En produsent av medisinsk utstyr må ha et kvalitetssystem implementert i bedriften. Et slikt system skal sikre produktets kvalitet. Dette er utrolig viktig for å få et medisinsk produkt godkjent, og kvalitetssystemet må dekke alt fra underleverandører til perioden etter markedsføring. Systemet skal sørge for at alle faktorer som kan påvirke produktet kan kartlegges og problemer kan unngås. I Europa er ISO 13485 den viktigste standarden for krav til kvalitetssystem for medisinsk utstyr.

Risikohåndtering

Et risikohåndteringssystem er et annet viktig krav til medisinske produsenter. Produsenten som utvikler produktet må sørge for at produktet er sikkert for bruker og pasient, og det stilles strenge krav til dokumentasjon. Ifølge Fredriksen vil det være viktig for GlucoSet å identifisere viktige risikofaktorer på et tidlig stadium, så man kan ha best mulig kontroll på disse i designprosessen. Design er et av mange viktige virkemidler for å minimere risikoen knyttet til produktet, dette kan du lese mer om under risikodelen av dette kapittelet.

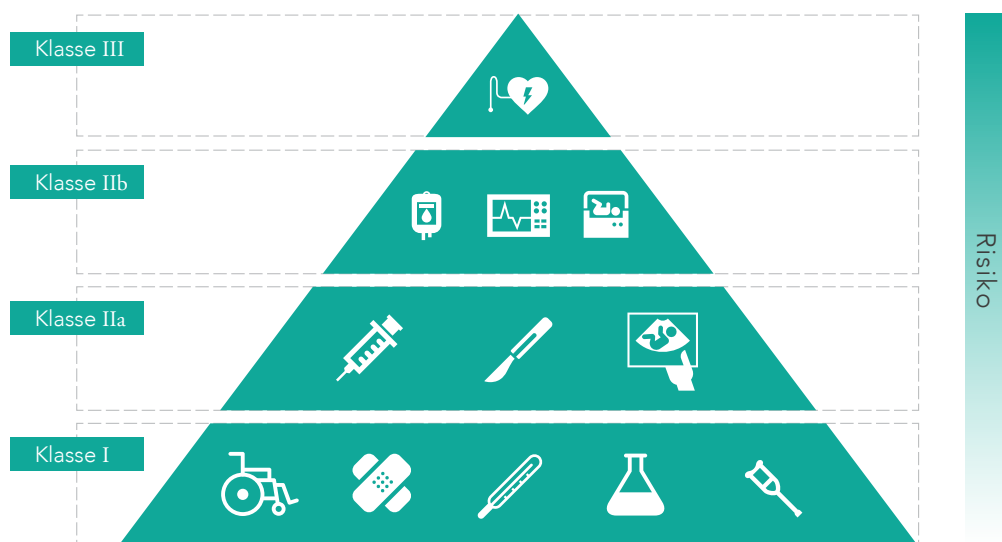
Standarder relatert til produktet

International Electrotechnical Commission (IEC) har en av de mest sentrale standardene for medisinsk elektriske produkter, IEC 60601-1 third edition (IEC, 2004). Den stiller



Det er bare flyindustrien som er strengere.

Paul Fredriksen, tidligere QMS ansvarlig i GE



krav til alt fra alarmer til hvordan enheten skal kunne vaskes. Det finnes flere hundre standarder som regulerer medisinsk utstyr. Mange av disse har ofte detaljerte og konkrete krav til produktet. Avhengig av hva slags produkt man produserer kvalifiserer man til ulike klasser. Figuren over (Hagerup-Jenssen, 2014) viser en oversikt over disse klassene. På toppen av pyramiden finner man de produktene med flest krav knyttet til seg, mens man i bunn finner de medisinske produktene med færrest krav. I de fleste medisinske bedrifter er det spesialister som holder oversikt over standarder og krav, slik at man er sikret å lage produkter som blir godkjent. GlucoSets produkt vil befinne seg i klasse IIb..

Treg på å følge trender

Den krevende sertifiseringsprosessen samt lang utviklingstid på ny teknologi fører ofte med seg at produktene som lanseres kan ha høy teknisk kompleksitet, men henge etter med tanke på utseende, materialbruk og brukervennlighet. Regulatoriske myndigheter stiller høye krav til risikovurdering og sikkerhet, derfor prioriteres ofte velprøvde løsninger og teknologi, som lettere går gjennom regulatorisk. Medisinsk sektor tar ofte opp trender fra andre bransjer først når de er vell prøvd og godt innarbeidet.

RISIKO

Risiko og standarder

Helsesektoren er svært risikoorientert. Det er naturlig når man jobber med mennesker og det kan stå om liv eller død. Tidligere kvalitetssystemansvarlig i GE Health anbefalte å ha et risikohåndteringssystem for GlucoSet, før man kom til fasen der man så nærmere på standarder som IEC 60601-1, Third Edition (IEC, 2004). Vi forsøkte å gå løs på en del av standarddokumentene, men etter at vi hadde lest deler av et flere hundre siders dokument med detaljerte krav til produktet, forstod vi at dette ville ta mer tid og ressurser enn det vi hadde muligheter til å avse i en begrenset master. Vi valgte derfor å fokusere mer på risiko i vår designprosess, da mange av kravene handler om å minimere risikoen knyttet til produktet.

Sannsynlighet og konsekvens

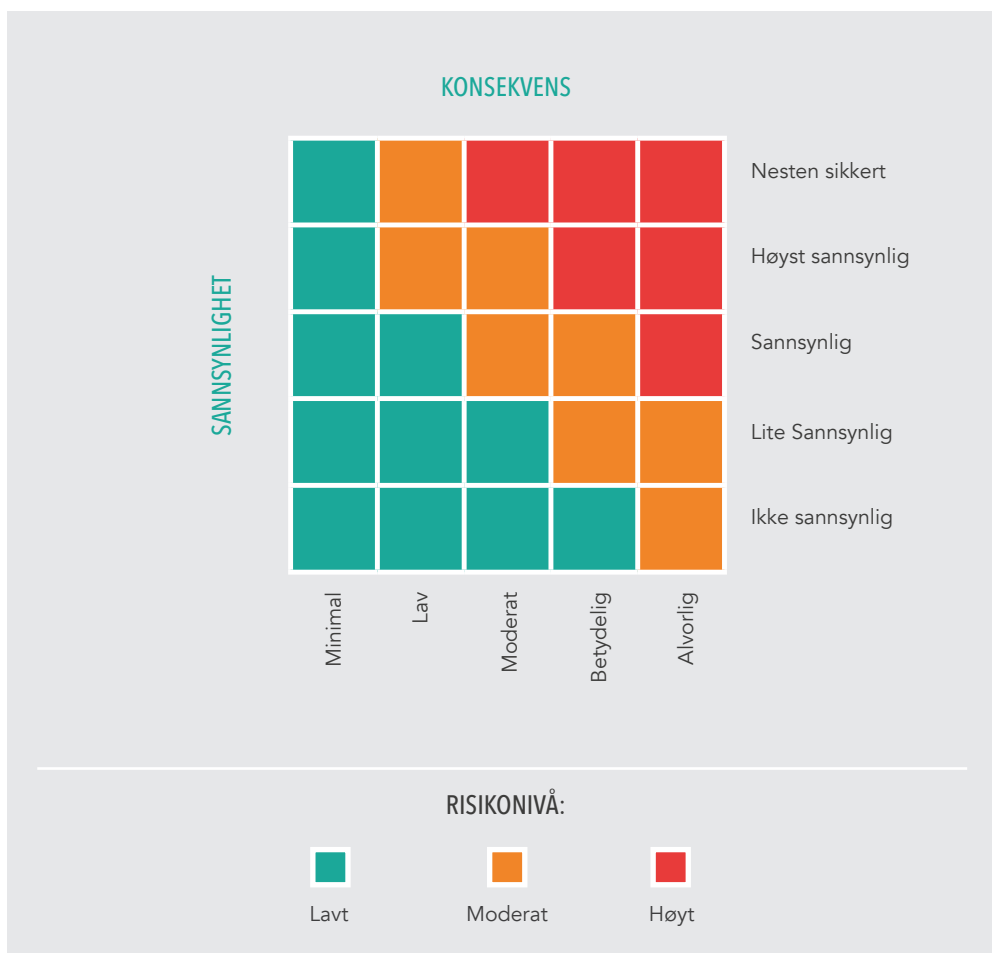
Figuren til høyre viser hvordan man ofte ser på risiko som en faktor av sannsynlighet og konsekvens. Sannsynlighet handler om hvor stor sjansen er for at noe skjer, mens konsekvens handler om faren knyttet til utfallet. Som figuren viser kan et utfall som har stor sannsynlighet, men liten fare knyttet til konsekvensen, ha en lav risiko. Et annet utfall kan ha høy fare, men minimal sannsynlighet for at det skjer. I dette tilfellet blir også risikoen relativt lav. Som figuren viser øker risikoen med økt sannsynlighet og/eller økt alvorlighetsgrad.

Hvordan hindre farlige episoder?

Mange medisinsk tekniske apparater kan ofte ha fare knyttet til feilaktig bruk. Enkelte ganger kan man ha utgangspunkt i en teknologi som i utgangspunktet krever at bruk skjer i en spesiell rekkefølge eller i et visst miljø. Når man støter på mulige brukbarhetsproblemer eller risikoproblemer er det tre måter å senke risikoen på, beskrevet under. Spesielt for medisinsk utstyr er at det brukes mer kursing og instruksjoner enn det som er vanlig i andre bransjer.

RISIKOMATRISJE

Risikomatrissen viser fordelingen mellom konsekvens og sannsynlighet. Det finnes mange strategier for å håndtere risiko knyttet til utvikling og bruk av medisinsk teknologisk utstyr.



Risikotiltak i prioritert rekkefølge:

1 Design

Kan problemene designes bort? Dette er ofte den beste løsningen, gitt at det ikke går for mye utover brukbarheten til produktet.

2 Instruksjoner

Kan man gi opplæring eller instruksjoner under bruk for å sørge for at utstyret blir brukt på en spesifikk måte der man unngår å støte på de aktuelle problemene? En mulighet for digitale produkter er

å inkludere pop-up informasjon og hurtigmenyer i grensesnittet.

3 Manual

Kan man beskrive i brukermanualen hvordan produktet skal brukes? Dette anses som det svakeste risikotiltaket. Dette tiltaket medfører størst fare for menneskelig feil, og det er stor fare for at sykepleiere ikke husker all informasjon fra et kurs, og de færreste leser bruksanvisningen.

DIAGNOSTISERING

Dokumentere medisinsk funksjon

Man må dokumentere at utstyret har den medisinske funksjonen som produsenten hevder. GlucoSet må bevise at produktet viser presise blodsukkerverdier kontinuerlig. Videre, dersom GlucoSet hevder at produktet senker liggedøgn og dødelighet ved intensivavdelinger, så må de også kunne dokumentere påstanden gjennom kliniske studier.

Brukervennlig eller objektiv?

Med en gang man begynner å gi brukeren råd og tips til hva vedkommende kan gjøre med pasienten, så beveger man seg over i kategorien behandling eller diagnostisering. Det skilles tydelig mellom et apparat som gir objektive data, og et som foreslår en behandlingsmetode eller gjør diagnostikk. Et apparat som foreslår en behandlingsform eller gjør diagnostikk er avhengig av mange kliniske studier som støtter produktet, mens et apparat som kun gir objektive data uten å indikere hva sykepleier eller lege skal gjøre for pasienten er lettere å få godkjent regulatorisk. Det betyr at man blir stående i en konflikt mellom å lage et mest mulig brukervennlig hjelpemiddel til sykepleieren og å lage et instrument som lar seg godkjenne regulatorisk.

Diagnostisering fører dessuten i at man havner i klasse III som vil koste mange millioner mer å få godkjent, uten at det nødvendigvis har en signifikant økning i verdi for brukeren.

KONFLIKT I→

Sykehusapparater skal være objektive, men samtidig brukervennlige. Det kan by på utfordringer for en designer.

BRUKERVENNLIG

BLODSUKKER:

HØYT

Gi insulin

VS

OBJEKTIV

BLODSUKKER:

16,2 mmol/L

HYGIENE

Rengjøring, desinfeksjon eller sterilisering? Alt av utstyr som skal brukes på intensivavdelinger og kirurgiske avdelinger har som minimumskrav at det skal være rent. Dersom man for eksempel mister en slange på gulvet, så anses den som uren og må byttes ut. I tillegg til dette stilles det ekstra strenge krav til en del utstyr. Om det medisinske utstyret skal være rent, desinfisert eller sterilt avhenger av hvilken kategori produktet tilhører. Finnmarkssykehuset (2014) bruker definisjonene til høyre.

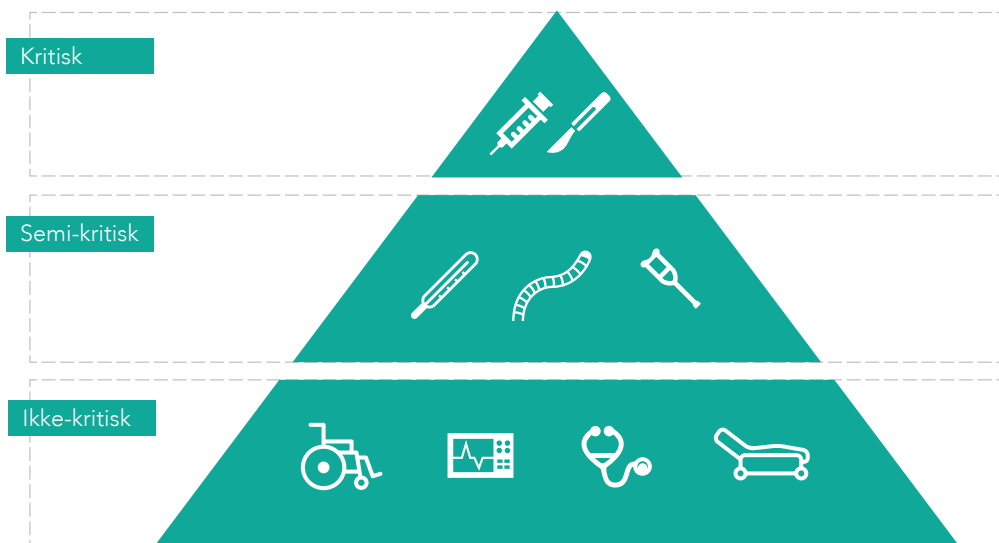
Kritisk utstyr er instrumenter og utstyr som kommer i direkte kontakt med blodbanen eller sterilt vev og må være sterilt når det brukes. Sterilt utstyr kan være flergangsutstyr som steriliseres av institusjonen selv, eller innkjøpt sterilt engangsutstyr som skal kastes etter bruk.

Semi-kritisk utstyr som kommer i kontakt med slimhinnene i luftveiene, mage- tarmkanalen og urinveiene, bør også være sterilt. For flergangsutstyr som brukes til undersøkelser kan det være tilstrekkelig med høygradig desinfeksjon, dersom utstyret ikke skal trenge inn i eller kanskje skade slimhinnene. Siden slikt utstyr oppbevares uten emballasje, er lagringstiden begrenset før ny desinfeksjonsprosess må gjennomføres, for å sikre at utstyret ikke er kontaminert når det brukes.

Rengjøring er fjerning av forurensninger ved hjelp av mekanisk påvirkning kombinert med såpe og temperatur. Denne prosessen dreper ikke bakteriene.

Desinfeksjon er en prosess som fjerner eller uskadeliggjør de fleste mikroorganismer.

Sterilisering innebærer at ingen mikroorganismer, inkludert bakteriesporer, overlever. Sterilitet kan aldri bevises, men må sannsynliggjøres ved hjelp av prosessindikatorer. Et eksempel på prosessindikatorer er kontroll av temperatur og tid. (Finnmarkssykehuset, 2014)



Ikke-kritisk utstyr som kommer i kontakt med hel hud, eller som ikke kommer direkte i kontakt med pasienten, skal være desinfisert eller rengjort avhengig av hvor mye det er forurenset.

Mye engangsutstyr. Da vi besøkte intensivavdelingen ble vi overrasket over hvor mye utstyr som bare ble brukt en gang for så å kastes. Ifølge sykepleierne vi var i kontakt med var det færre og færre ting som ble sendt på steriliseringsentraler, mens mer og mer ble kastet etter engangsbruk. Et problem de hadde ved en del avdelinger var at utstyr som var beregnet for flergangsbruk kunne bli kastet fordi det så ut som det var beregnet for å brukes kun en gang.

HYGIENEFAKTOR

Det er strenge krav til hvordan ulikt medisinsk utstyr skal renses. Det skilles strengt mellom tre ulike grader av renhet på medisinsk utstyr.



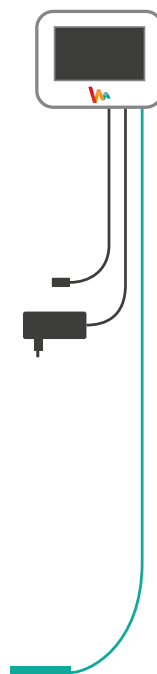
GlucoSet og hygiene

Instrument. Det må være lett å komme til ved rengjøring av apparatet. Produktets overflate, og spesielt skjermen må ikke kunne degraderes av desinfeksjonsmiddel. Bevisst plassering av delelinjer, så det i minst mulig grad kan feste seg kontaminering er viktig.

Andre kabler og adaptere. For kabel til nettverk, pasientmonitor eller strøm vil det kun være krav og at det skal være lett å rengjøre.

Fiberoptisk kabel. Den fiberoptiske kabelen mellom sensorenheten og apparatet må være lett å rengjøre, og det bør være enkelt å desinfisere kontakten til sensorenheten og ledningen i nærheten av pasienten. I tillegg bør det være lett å bytte ledning ved slitasje eller større kontaminering.

Sensorenheten som skal inn i blodbanen må være steril. Denne vil være engangsutstyr som kastes etter bruk. Slik det ser ut så langt i prosjektet vil ikke sykepleierne måtte bruke sterile hansker når de håndterer denne, men de vil mest sannsynlig bruke en form for hansker uansett.



PLUG AND PLAY

“Plug and play” er et kjent begrep i elektronikkbransjen og refererer til hvorvidt et produkt er klar til bruk når det blir tatt ut av esken. Dersom en oppstartsprosedyre er nødvendig for å ta produktet i bruk snakker vi om en mindre grad av plug and play. For de fleste produsenter av elektronikk er en høy grad av plug and play en motivasjonsfaktor. Også innenfor medisinsk teknologisk utstyr er dette noe som etterstrebes, både når det kommer til montering på et pasientrom men også kobling opp mot pasienter.

Idag har medisinsk utstyr rettet mot hjemmemarkedet som regel en større grad av “plug and play” enn apparater som benyttes i sykehussammenheng. Forskjellige regler og prosedyrer for behandling av pasienter gjør det vanskelig for produsenter å lage ett oppsett som passer for alle. Mens noen sykehus anbefaler en glukoseverdi mellom 4,5 og 8 kan andre operere med helt andre grenseverdier. Av denne grunn er det vanlig at medisinsk utstyr gjennomgår en konfigurasjonsprosess hos sykehuset før det blir montert på den aktuelle avdelingen. Justering av språk og alarmkriterier er

eksempler på ting som gjerne justeres i en slik prosess. Konfigurasjonsprosessen blir gjerne gjort sammen med representanter fra produsenten selv.

Når utstyret etterhvert blir montert ute på en avdeling er målet at det mer eller mindre skal være klart til bruk. Merk at selv om et apparat har et standard oppsett er det viktig at dette lett kan justeres basert på den enkelte pasient. Her varierer policy fra å gi brukerne av apparatet stor frihet til å endre på innstillinger til å låse de til det sykehuset har bestemt.

Betydning for GlucoSet

Selv om en høy grad av “plug and play” hos GlucoSet er ønskelig, er det relativt sjelden at dette er en realitet blant medisinsk teknologisk utstyr generelt. “Plug and play” begrenses av både teknologi og pasientsikkerhet. Resultatet av dette er at sykehuspersonell er vant med konfigureringsprosesser på alt av nytt utstyr som tas inn. Som designere bør vi prøve å tilrettelegge for “plug and play” så godt det lar seg gjøre, uten at det går på bekostning av den generelle bruken av apparatet etter at det har blitt montert.

SYSTEM

En stor utfordring

En av de største utfordringene som helsesektoren står ovenfor idag er kommunikasjon mellom datasystemer. Det finnes mange ulike systemer og det oppleves som en frustrasjon hvor få av disse som kan snakke sammen. Kommunikasjon mellom enhetene på sykehuset har potensiale til å forenkle arbeidshverdagen til helsepersonell samt spare miljøet ved å redusere papirbruk.

Stor variasjon

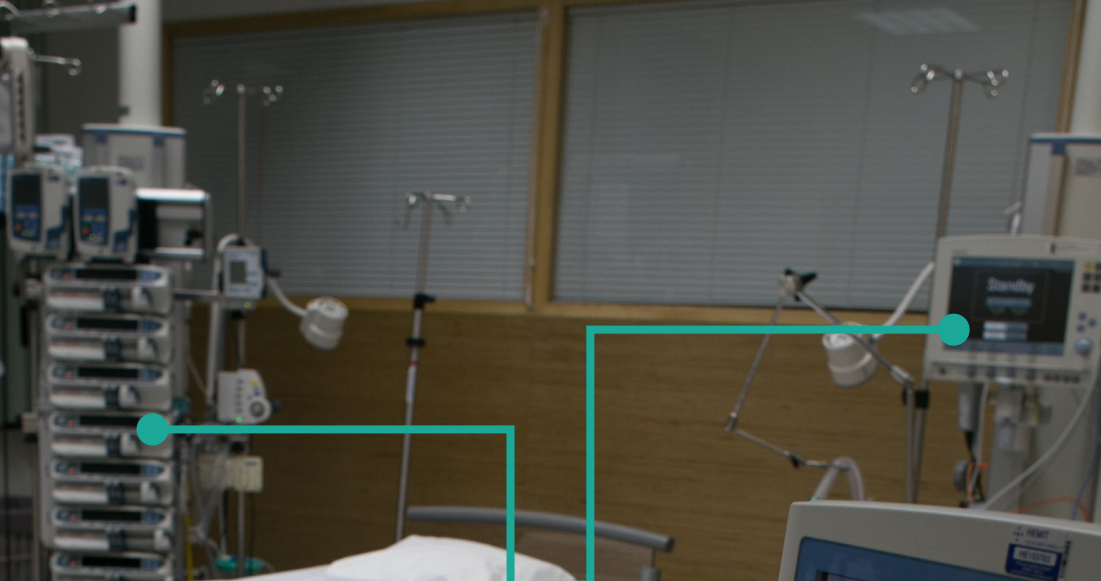
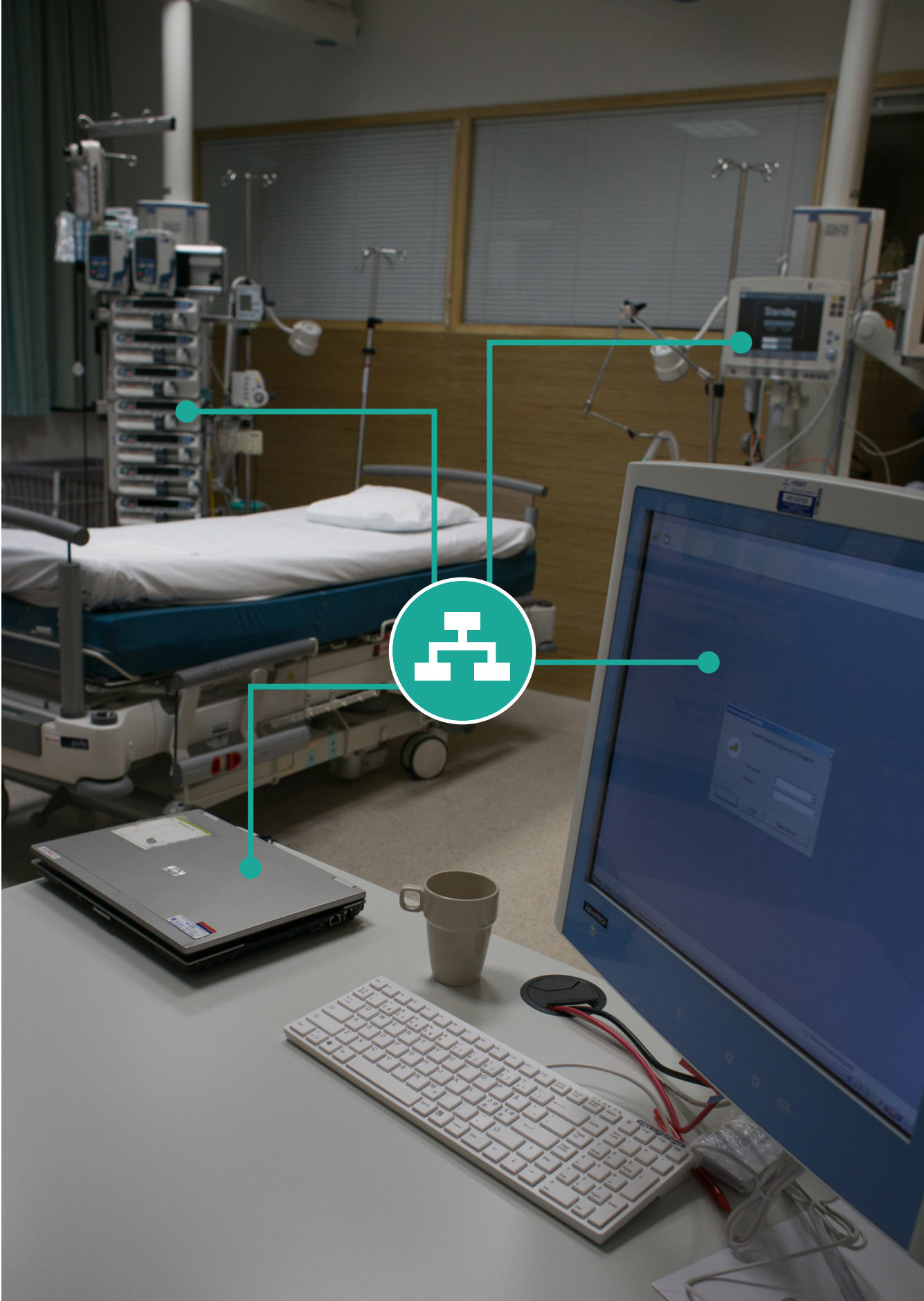
Kommunikasjon mellom systemer i en sykehussammenheng kan variere i kompleksitet fra å sende vitale data fra en pasientmonitor til et elektronisk journalsystem, til omfattende logistikksystemer som kan inkludere både personale, pasienter, utstyr og hele avdelinger.

Utvikling

Med økende grad av elektroniske pasientjournaler på sykehus og offentlige systemer for blant annet elektroniske resepter ligger Norge generelt sett langt fremme når det kommer til kommunikasjon mellom helsesystemer. Det er likevel et felt som er i stadig utvikling og det er fortsatt en lang vei å gå. Ifølge Øyvind Høyland ved teknisk avdeling på St Olavs er det mange systemer som har vært utprøvd med varierende suksess. Det er ofte problemstillinger knyttet til datasikkerhet og personvern som gjør at systemer som sykehus kunne hatt nytte av ikke kan bli brukt. Et sykehus er i kontinuerlig endring, og it-løsningen består ofte av flere ulike løsninger som er sydd sammen. De mange ulike it-systemene gjør det vanskelig å få til god kommunikasjon mellom apparater innad i sykehuset.

KOMMUNIKASJON ⇨

At apparatene på sykehuset kommuniserer med hverandre er ingen selvfølge, men noe alle som jobber der setter veldig stor pris på. På St. Olavs har de et elektronisk journalsystem som gir de ansatte tilgang på pasientdata fra både møte og pauserom.





Påvirker workflow

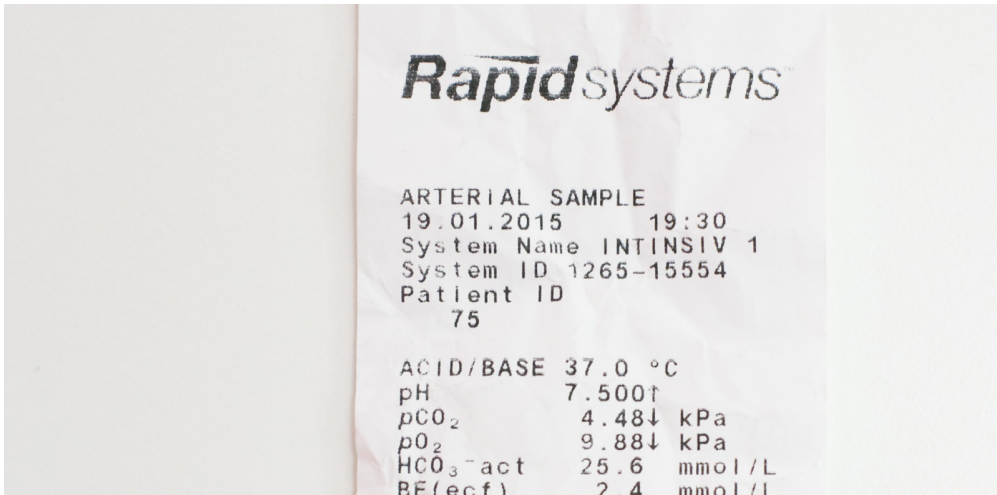
Som designere av medisinsk teknologisk utstyr er det viktig å forstå hvordan kommunikasjon mellom det apparatet man designer og et eventuelt system vil kunne påvirke workflowen til apparatet. Et eksempel som illustrerer dette er dagens praksis for måling av blodsukker på intensivavdelingen på St Olavs. Som nevnt tidligere gjøres dette ved at det tas blodprøver av pasienten som med jevne mellomrom analyseres på en såkalt blodgassmaskin. Etter at prøven er analysert printer maskinen ut en kvittering med målinger som tas med tilbake til pasientrommet. Målingene føres så inn manuelt i pasientjournalen. Dersom blodgassmaskinen hadde kunnet kommunisere med pasientjournalen slik at analyseverdiene hadde blitt overført automatisk hadde dette spart sykepleierne for både arbeid og papir. Med manuell inntasting øker også risikoen for menneskelige feil som igjen kan føre til feilbehandling av pasienten.

Vedlikehold

Siden sykehusprotokoller er noe som endres regelmessig må apparater ofte rekonfigureres. Kommunikasjon mellom systemer åpner for at aktører kan drive eksternt vedlikehold på maskiner. Mange maskiner inkludert blodgassmaskinen på St. Olavs har idag denne typen funksjonalitet. En annen mulighet ved dette er at produsenter kan komme med systemoppdateringer på maskinen uten å måtte sende en representant til det aktuelle sykehuset.

Standarder

På sykehus i Norge finnes det i dag flere standarder for kommunikasjon mellom systemer. Den vanligste av disse er HL7 standarden (HL7, 2015). At et nytt apparat er kompatibelt med denne er ofte et krav som stilles fra sykehusets side ved en eventuell anskaffelse. HL7 standarden gjør det for eksempel mulig for GlucoSet å sende data til og fra pasientjournalen.



PAPIRMØLLE ↑

Kvittering fra blodgassmaskin på St. Olavs. Når systemene ikke kommuniserer blir papir en nødvendighet.

← BLODGASSMASKIN

Blodgassmaskinen på St. Olavs har funksjonalitet til å kommunisere med journalsystemet uten at dette har blitt en realitet.

Betydning for GlucoSet

Alle vi snakket med av leger, sykepleiere og ansatte ved teknisk avdeling ønsket at all informasjon skulle automatisk inn i pasientjournalen. At nye apparater kan kommunisere med både pasientmonitører og pasientsystem er et viktig kriterie i innkjøpsprosessen. Allikevel viste det seg at det ofte tok lang tid før apparater virkelig ble integrert i sykehusets system. For eksempel hadde den ene intensivavdelingen vi besøkte hatt en blodgassmaskin i mer enn to år, som hadde mulighet til å overføre verdiene direkte inn i sykehusets journalsystem, men det ble fortsatt gjort ved hjelp av en kvitteringsutskrift og manuell inntasting.

Smarte systemer

En utvikler av medisinsk utstyr ved navn Minnetronix (2015) har laget en komponent og et system som potensielt kan samle data om strømforbruk, engangssensorer brukt, tid i bruk, hvor instrumentet er, antall hypoglykemiske tilfeller og lignende. Plattformen gir også mulighet for fjernoppdatering og konfigurering av enheten. Vi har undersøkt mulighetene og problemene knyttet til slike løsninger i prosesskapitlet.

Fremtiden

Fremover i tid tror vi systemtankegangen vi ser ellers i samfunnet vil smitte over på medisinsk teknologi. Sensorer og løsninger vil følge "Internet of things"-trenden vi ser på annet utstyr idag som klokker, varmeanlegg på hytter osv.

INTEGRERING AV APPARATER

Økt standardisering og integrering. I Norge ønskes det sentralt mer integrering og standardisering av apparatene. I 2013 vedtok styret i Helse Sør-ØST regionale helseforetak i sin strategiplan (Helse Sør-Øst, 2013): "Kvalitet, pasientsikkerhet og standardisering av teknologi og arbeidsprosesser er de viktigste utviklingsområdene i foretaksgruppen de neste årene."

Like intensivrom. I intervju med en intensivoverlege, fortalte han at det var ønskelig med likt utstyr på alle rom på en intensivavdeling. Da kan leger og sykepleiere hurtig bevege seg mellom de ulike rommene uten å måtte tenke over at utstyret er annerledes. Han forklarte at det optimale er at alle intensivrom har det samme utstyret, og at man evt. henter inn spesialutstyr som dialysemaskiner etter behov.

Å samle vital informasjon på samme sted, er viktig for sykepleierne. De ønsket seg aller helst å få blodsukker verdien inn på pasientmonitoren der de allerede finner lignende informasjon. En ansatt ved teknisk avdeling på St. Olavs påpekte også at: "Flere monitører gir flere feilkilder".

Ønskesituasjon. Den mest ønskede løsningen fra sykepleierne, intensivlegene og teknisk avdeling idag er at GlucoSet er en modul til pasientmonitoren. Da kan potensielt integreringen mot pasientjournalen være enklere for teknisk avdeling og sykepleierne vil ha færre grensesnitt å forholde seg til.

Veien videre. Før blodsukkerapparatet potensielt kan bli en modul til et av de eksisterende pasientmonitorsystemene er bedriften avhengig av å vise at de har et nyttig produkt som fungerer på egenhånd. GlucoSets første produkt kan være helt frakoblet pasientmonitoren eller ha mulighet for å sende blodsukker verdien til pasientmonitoren.

STANDALONE

Apparatet brukes for seg og kan ikke kommunisere med andre apparater eller systemer.

SEMI-INTEGRERT

Apparatet kobles til pasientmonitoren eller inngår i en modul som er kompatibel med andre systemer

HELT INTEGRERT

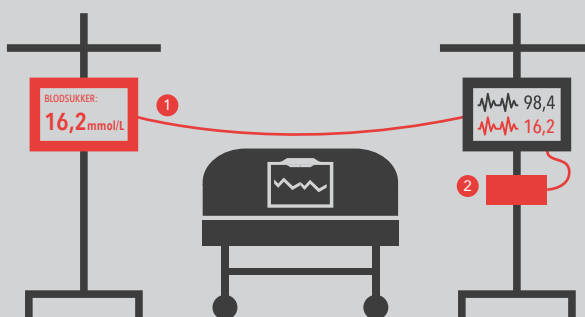
Apparatet integreres helt i et annet apparat. Typisk dersom teknologien blir kjøpt opp av en større produsent. Dersom blodsuktermåleren til GlucoSet blir en suksess vil apparatet i seg selv kanskje forsvinne.

STANDALONE

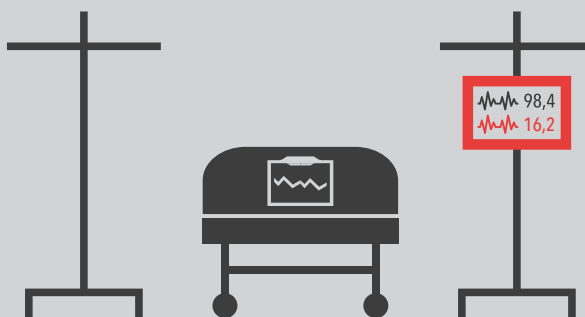


SEMI-INTERGERT

To alternativer



HELT INTEGRERT



KOBLE OPP MOT PASIENT

Mange ulike løsninger

Apparater som brukes til kontinuerlig overvåkning av pasienter må på et eller annet vis kobles opp mot pasienten. Det finnes utallige metoder for oppkobling, avhengig av hva man ønsker å måle, hvilken tilstand pasienten er i og hva som lønner seg med tanke på eventuelt annet utstyr som er koblet opp. Figuren på side 40 viser oppkoblingspunkter som er vanlige å finne hos intensivpasienter.

En del av forretningsmodellen

Oppkobling mot en pasient kan variere fra kun et lite stikk til relativt lange og kompliserte prosesser der utstyret gjerne må kalibreres i tillegg. De delene av utstyret som er i direkte kontakt med pasient eller kroppsvæsker er som regel engangs. Mange produsenter av medisinsk teknologisk utstyr leverer pakkelsninger bestående av selve apparatet pluss engangsenheter til oppkobling. For disse produsentene kan engangsenhetene utgjøre en viktig del av forretningsmodellen. Enkelte produsenter gir deg apparater nærmest gratis for heller å ta betalt for engangsenhetene.

Påvirker workflow

Levetiden på engangsenheter er en viktig faktor for de som skal kjøpe inn nytt utstyr. Særlig dyre engangsenheter kan påvirke workflowen til en intensivsykepleier. Dersom det ikke haster vil en sykepleier kanskje utsette en oppkobling mot et dialyseapparat til pasienten har vært på røntgen med det formålet å spare penger. At engangsenhetene er kompatible med katetere og lignende som allerede finnes på pasienten er også en viktig faktor. I mange tilfeller kan førstegangs oppkobling mot pasienten være den mest kompliserte interaksjonen en sykepleier er nødt til å gjøre på et medisinsk apparat. Det er derfor vanlig at det følger instruksjoner med oppkoblingssett, enten i papirformat eller ved at disse er integrert i det grafiske brukergrensesnittet, gjerne i form av en step by step guide.

DIALYSEMASKIN

En dialysemaskin filtrerer blodet for avfallsstoffer ved nyresvikt og er veldig vanlig å finne på en intensivavdeling. Å koble dialysemaskinen opp mot en pasient kan ta opptil en halvtime. Et engangssett til dialyse kan koste så mye som 3500 kr.



Betydning for GlucoSet

Idag er det K8 Industridesign som jobber med utforming av engangsenheten på oppdrag fra GlucoSet. Det har vært viktig for oss å sette oss inn i hvordan det er tenkt at denne enheten skal brukes da det påvirker både grafisk brukergrensnitt og utformingen av selve apparatet. De faktorene som i størst grad påvirker workflowen er nøyaktigheten og levetiden til sensoren samt i hvilken grad sensoren må kalibreres før bruk og hvordan dette eventuelt gjøres. En annen interessant problemstilling er hvor unøyaktig sensoren kan være i ukalibrert tilstand for at sykepleierne i det hele tatt skal bry seg om verdien de får. Dersom prosessen for

oppkobling og kalibrering viser seg å være ukjent for sykepleierne kan det også være aktuelt å inkludere en form for instruksjon i grensesnittet. Dette er noe som vi har observert hos flere andre apparater.

Det at det er K8 som jobber med engangssensoren og ikke oss utgjør en utfordring med tanke på å holde en god dialog. At teknologien til GlucoSet dessuten er i stadig utvikling gjør det viktig å jobbe iterativt da egenskaper som levetid og nøyaktighet kan forandre seg på kort varsel. Selv om forretningsmodellen til GlucoSet potensielt kan ha mye å si for bruken har vi valgt å se bort ifra dette for å begrense oppgaven.

ALARMER

Noe av det første man merker seg etter å ha tilbrakt litt tid på en intensivavdeling er hvor ofte det går en eller annen form for alarm. Å forholde seg til alarmer utgjør en vesentlig del av en sykepleiers hverdag. Ved pasientovervåkning der sykepleiere ofte har svært varierte arbeidsoppgaver spiller alarmer en viktig rolle i å sørge for at de retter oppmerksomheten sin dit behovet er størst.

Alarmenes rolle

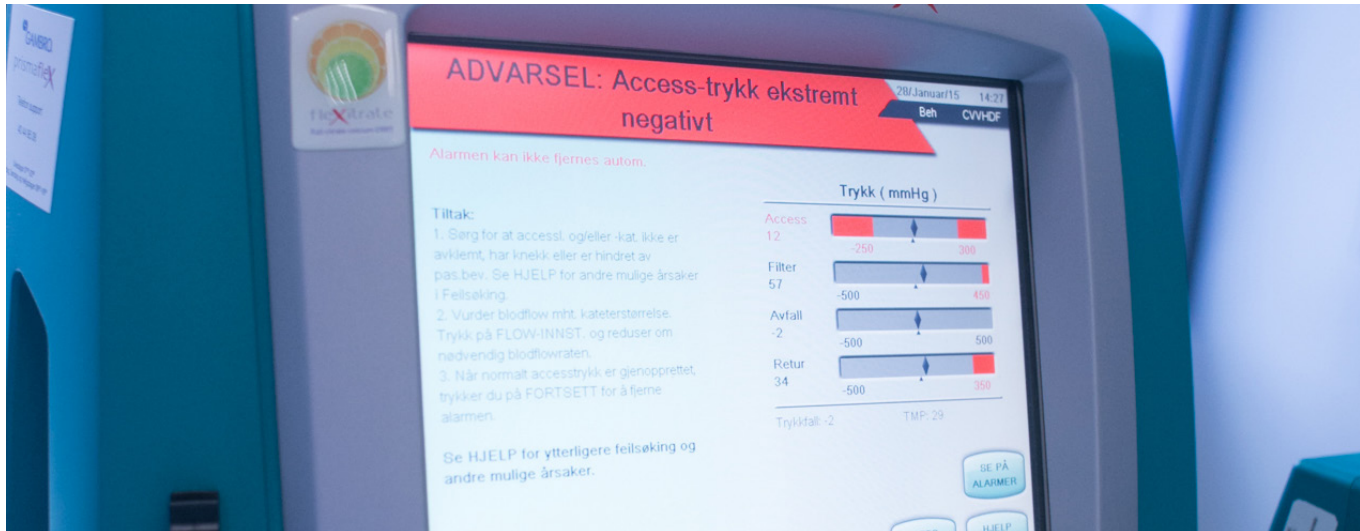
Alarmenes hovedrolle i en medisinsk sammenheng er å varsle om potensielt farlige situasjoner som kan skade en pasient (Weigner et al., 2010). Mens et ideelt apparat ikke hadde hatt behov for noen alarmer fordi systemet hadde vært selvregulerende slik at det automatisk hadde gjenkjent og håndtert slike situasjoner, er det i realiteten sykepleiere eller leger som må ta stilling til hvilke tiltak som skal gjøres dersom det går en alarm.

Alarmsystemer

Når man snakker om alarmer i en medisinsk sammenheng referer man til hele systemet som alarmer skal inngå i og ikke kun alarmsignalet. For å designe et effektivt alarmsystem må man først finne ut hvilke forhold som må ligge til rette for at det skal gå en alarm (en alarm condition inventory) (Weigner et al., 2010). I tillegg til dette må man designe alarmsignaler som tar for seg hvert av disse alarmvilkårene. Det er også vanlig å skille mellom det man kaller alarm og det man kaller alert. Forskjellen mellom disse ligger i hvilken grad det kreves at det blir gjort en umiddelbar handling. Mens en alert indikerer at man er på vei mot en potensielt farlig situasjon indikerer en alarm at det må gjøres noe umiddelbart.

ALARM! I→

De fleste apparater som brukes til behandling eller overvåkning har en eller annen form for alarmsystem. Her fra dialysemaskinen på St. Olavs.



Alarm fatigue

I medisinske kontekster der det er mange apparater på et sted som feks på en intensivavdeling eller operasjonssal, kan helsepersonell oppleve noe som kalles "alarm fatigue". Dette er en tilstand der mengden alarmer gjør at man blir distrauert og ufokusert, noe som igjen kan medføre feilbehandling av pasienter (feks. ved at man skrur av alarmene). Årsaken til at alarm fatigue er et utbredt fenomen er at mange produsenter og sykehus har en tendens til å sette betingelsene for alarmer mye lavere enn nødvendig, for å være sikre på at en potensiell farlig situasjon blir oppdaget i god tid. Dette medfører en rekke såkalte falske positive alarmer (Weinger et al., 2010) I et studie der en rekke pediatriske operasjoner ble analysert kom det fram at så lite som 3% av alle alarmene som gikk faktisk utgjorde en reell trussel for pasienten (Kestin et al., 1986). I et annet studie som ble gjort på intensivavdelinger i Storbritania fant man at mindre enn 1% av alle alarmer som ble utløst utgjorde en trussel (O'Carroll, 1986).

Alarmens virkemidler

Siden det potensielt kan stå om liv har alarmer på intensivavdelinger en høy grad av redundans. Det brukes gjerne lyd og lys i tillegg til en melding i displayet på apparatet. Det er også vanlig å bruke fargekoding avhengig av om det er en alarm eller alert med for eksempel gult og rødt.



Medisinsk personell kan oppleve opptil 700 alarmer på en dag.

Maria Cvach, 2012



Mindre enn 1% av alarmene utgjorde en reell trussel mot pasienten.

O'Carroll, 1986

Justering av alarmgrenser og alarmrespons

Alarmgrensene setter betingelsene for når det går alarmer. Ifølge alle sykepleierne vi har vært i kontakt med bør alarmgrenser kunne justeres av sykepleierne selv, basert på tilstanden til den enkelte pasient uavhengig av hva sykehuset har satt som standardoppsett. Dette gjør det i prinsippet mulig å sette grensene alt for høyt eller lavt med den hensikt å unngå å bli plaget av alarmer, men det er noe som kan betraktes som et nødvendig kompromiss. Vi observerte selv dette behovet da vi var på St. Olavs. Selv om alarmgrensene er justerbare bør det likevel finnes begrensninger til justeringene for å unngå potensielt farlige situasjoner. Det er også viktig at brukerne er nødt til å bekrefte eventuelle endringer for å sikre at det ikke gjøres ubevisst.

Dersom det går en alarm vil en sykepleiers respons normalt være å kvittere for den ved å trykke på en eller annen form for alarmknapp. Det kan være en fysisk knapp eller et symbol på en touchskjerm. Det finnes fire mulige alarm responser med tilhørende symboler spesifisert av standarden IEC 60601-1-8:2004 (Weigner et al., 2010):

AUDIO PAUSE: midlertidig muting av en lydsignalet til en alarm uten at det påvirker andre alarmsignaler.

AUDIO OFF: permanent muting av lydsignalet til en alarm uten at det påvirker andre alarmsignaler.

ALARM PAUSE: midlertidig deaktivering av alle deler av et alarmsystem.

ALARM OFF: permanent deaktivering av alle deler av et alarmsystem.



Det koker litt oppe i hodet noen ganger.

Kvinnelig intensivsykepleier på St. Olavs



Betydning for GlucoSet

Alarmer og alarmsystemer vil påvirke både brukergrensesnitt og utforming på mange måter. I det grafiske grensesnittet vil man måtte ta stilling til justering av alarmgrenser samt alarmrelaterte prompt messages. Det bør også være lett å stille grensene tilbake til standarden som sykehuset har diktert. Et annet viktig spørsmål går på valg av alarmknapp. Bør denne være fysisk for å gi mest mulig taktil feedback eller bør den være integrert i en eventuell touchskjerm? Når det kommer til fysisk utforming vil komponenter som høytalere og eventuelle lamper ta opp plass inni apparatet.

GRENSEJUSTERING ↑

Phillips monitoren lar deg justere alarmgrensene ved å trykke på de.

OPPLÆRING OG KURSING

Det faktum at feilbruk av medisinsk utstyr potensielt kan ha store negative konsekvenser for en pasient, taler for en grundig opplæring. Norske sykehus er pålagt kursing og opplæring som skal kunne dokumenteres. Hvor omfattende og i hvilken form denne opplæringen kommer, er derimot noe som varierer mellom avdelinger og sykehus.

Selv om et ideelt sykehusapparat med et perfekt intuitivt brukergrensesnitt hadde gjort opplæring unødvendig, er dette desverre ikke en realitet. Innkjøpsprosesser av medisinske apparater er ofte kompliserte prosesser, der det er mange faktorer som spiller inn og det er ikke alltid at brukervennlighet blir vektlagt i stor grad. Ifølge Øvind Høydal ved teknisk avdeling på St. Olavs kan ikke sykehuset forvente at et produkt er så intuitivt at kursing kan oppfattes som unødvendig. Siden det står om menneskers helse er det viktig at alle som skal bruke de medisinske apparatene er komfortable med å bruke de. Kursing tilbys derfor hver gang det innføres et nytt apparat, ofte fra produsenten selv. Det er likevel vanlig at det ikke tilbys kursing dersom det kun gjøres mindre justeringer på et apparat. Høydal tror at e-læring er noe man kommer til å se mer av fremover. Det dekker sykehusets behov for dokumentasjon og gjør at opplæringen blir mer fleksibel.

Ifølge en intensivsykepleier ved St Olavs er tilbudet om opplæring varierende. Siden intensivavdelingen ofte opplever stor pågang, er det ikke alltid at alle sykepleierne har mulighet til å delta på kursing. Det blir derfor en del egenopplæring, gjerne i form av info på mail. Hver 12. uke har sykepleierne fagdager der de går gjennom bruk av nye apparater. Ellers syntes de at det er greit å alltid være to slik man kan spørre hverandre om man føler seg usikker. Ifølge Nicloas Elvemo i GlucoSet som selv er lege, referer man i sykehussammenheng gjerne til et begrep som heter "See one, do one, teach one". Etter å først ha observert en prosedyre, for deretter å gjennomføre prosedyren selv og til slutt lære den bort til noen andre, forventes det i en viss grad at man kan den.

MEDISINPUMPE ↪

Instruksjoner i det grafiske grensesnittet kan minske behovet for opplæring på apparater.



Betydning for GlucoSet

Som designere av et nytt sykehusapparat skjønte vi fort at vi ikke kunne regne med at brukerne kom til å få opplæring i bruk av apparatet. Dette er kanskje spesielt viktig for vår del siden GlucoSet skal måle blodsukker på en måte som ikke tidligere har blitt gjort før på intensivavdelinger og siden deler av workflowen for å betjene apparatet består av elementer som er mer eller mindre ukjent for sykepleierne.

Etter å ha undersøkt flere apparater fant vi ut at det var relativt vanlig for intensivapparater å ha en egen demomodus for opplæring. I demo modus kan sykepleierne interagere så mye de vil

med apparatet uten at det er koblet opp mot en pasient. I tillegg til dette observerte vi at apparater som hadde en relativt krevende oppkoblingsprosess ofte kunne tilby instruksjoner til brukeren underveis i prosessen. Dette ble gjerne gjort i form av en slags sjekklister der man kvitterte for det man hadde gjort underveis. Ifølge sykepleiere ved både Bærum og Drammen sykehus er slike sjekklister et greit verktøy og noe de er vant med.

En sjekklister der man er nødt til å kvittere underveis kan likevel skape frustrasjoner dersom brukeren er nødt til å bevege seg frem og tilbake mellom pasient og apparat for å kvittere for det hun har gjort.

TING BLIR BORTE

At medisinsk utstyr forsvinner er relativt vanlig i en sykehussammenheng. Selv om sykehuset er én bedrift har de ulike avdelingene gjerne sitt eget budsjett og sitt eget utstyr. Dette blir fort et problem når pasienter flyttes mellom avdelinger fordi utstyr ofte følger med pasienten. Det hender at apparater som kan koste mange tusen kroner blir sendt videre til en annen avdeling for aldri å komme tilbake igjen. Det er gjerne portabelt utstyr som ultralydprober og lignende som er mest utsatt.

Problemet med svinn av utstyr er noe som alle sykehus sliter med og som stadig blir forsøkt løst med varierende tiltak og resultater. Det mest banale tiltaket som er standard ved alle sykehus, er en generell merking av utstyret med nummer og hvilken avdeling det kommer fra. Hvor stor effekt dette egentlig har er vanskelig å si. Selv om merking lar helsepersonell identifisere hvor utstyret opprinnelig kommer fra betyr ikke dette nødvendigvis at de kommer til å levere det tilbake etter at de har brukt det. Utstyret blir gjerne forlagt et eller annet sted og glemt. En sykepleier vi pratet med på St Olavs nevnte at de på deres avdeling hadde begynt å merke utstyret med pris og at dette hadde fått sykepleierne til å ta bedre vare på det. Et annet banalt tiltak er rett og slett å feste fast portabelt utstyr som fort forsvinner med vaier eller lignende.

Mer avanserte logistikksystemer der apparatene er utstyrt med sendere slik at man til enhver tid kan identifisere hvor de befinner seg har vært utprøvd hos noen sykehus. Dette er et tiltak som har et stort potensiale til å redusere svinn av utstyr og som i tillegg kan forbedre behandlingen av pasienter. For å illustrere det sistnevnte kan man se for seg et scenario der sykehussengene var utstyrt med slike sendere. En postoperativ avdeling kunne feks fått beskjed idet pasienten ble rullet ut av en operasjonssal slik at de kunne forberedt seg til mottak. Hovedutfordringen med et slikt logistikksystem er at de ulike avdelingene på sykehuset gjerne har forskjellige interne it-systemer. Dette gjør en samkjøring svært vanskelig og siden en fullstendig utskifting av it-systemer på hele sykehuset blir for dyrt er det sjelden at slike smarte systemer blir en realitet. Man skal likevell ikke se bort ifra at det er noe man kommer til å se mer av i fremtiden.

Betydning for GlucoSet

For GlucoSet kan kompatibilitet i forhold til et smart logistikksystem være aktuelt. Det finnes idag aktører som tilbyr slike løsninger. På side 230 i prosesskapitlet finnes mer info om smarte systemer.



EN LUKKET SLØYFE

Aktuelt for GlucoSet

At apparater kommuniserer med journalsysemmer og lignende er allerede et utbredt fenomen i sykehussammenheng. Med en såkalt lukket reguleringsløyfe menes et system der apparatene koblet opp mot pasienten kommuniserer med hverandre, slik at systemet blir mer eller mindre selvregulert. I fremtiden kan man se for seg at et apparat som GlucoSets blodsuktermåler vil inngå i et slikt system. Ved å la GlucoSet kommunisere med en medisinspumpe som gir insulin vil man kunne både monitorere og regulere blodsukkeret til en pasient uten behov for menneskelig innblanding.

Minimere sannsynlighet for human error

En lukket reguleringsløyfe vil minimere sannsynligheten for at det forekommer menneskelige feil i behandlingen ved å substituere den mot sannsynligheten for tekniske feil. Dette stiller midlertidig store krav til nøyaktighet og pålitelighet. Problemer knyttet disse to faktorene kan betraktes som hovedårsaken til at lukkede løyfer ikke er mer utbredt idag.

Åpen-lukket sløyfe

En mellomting mellom dagens praksis der sykepleierne kun får data fra apparater, og en lukket reguleringsløyfe er et system der apparatene kan gi anbefalinger om hva som må gjøres. Dette er lite utbredt idag nettopp fordi apparatene helst skal være objektive. Det eneste som trenger å skille et lukket reguleringsssystem fra et åpent system er at en sykepleier er nødt til å trykke på en knapp for å bekrefte at det blir gitt en anbefalt dose med insulin. Sykepleieren får altså en rolle der hun må lukke den åpne løyfen. Sykepleieren får denne rollen for at det skal være enklere å godkjenne produktet regulatorisk. Et fullverdig automatisk system vil stille ekstreme krav til pålitelighet.

Kan påvirke forretningsmodellen

For at en lukket reguleringsløyfe eller en "åpen-lukket" reguleringsløyfe skal bli en realitet må det utvikles en algoritme som kan beregne insulindose basert på parametere som blodsukkernivå, vekt, alder etc. For GlucoSet kan en slik algoritme påvirke forretningsmodellen ved at den tilbys som en eventuell oppgadering eller at man tar betalt for hver time algoritmen blir brukt.



FARGEBRUK

Kontekst

Det viktigste å tenke på når det kommer til valg av farge på medisinsk utstyr er konteksten som det skal brukes i. Hvilket rom skal apparatet brukes i og hvilke andre apparater finnes der fra før av? Bør apparatet skille seg markant fra disse? Hvordan er belysningen i rommet der det skal brukes? Hvilken type pasienter skal apparatet brukes på? Dersom et apparat skal brukes på barn kan farger være et ekstra sterkt virkemiddel. I hvilket land skal apparatet brukes? Farger betyr ofte forskjellige ting i forskjellige kulturer. Skal utstyret steriliseres? Enkelte farger lar seg påvirke mer av en steriliseringsprosess enn andre.

Fargekoding

Fargekoding av interaksjonspunkter er et veldig viktig verktøy når det kommer til brukervennlighet. Ifølge Handbook of Human Factors in Medical Device Design (Weinger et al, 2010) er fargekoding en effektiv måte å skille mellom aktive og inaktive områder på apparater.

Branding

For mange produsenter er det viktig å kommunisere en merkevare. Her er fargeprofil et av de viktigste verktøyene

en designer har (Dan Stipe, 2015). På medisinsk utstyr er det likevel viktig å passe på at en eventuell fargeprofil ikke kommer i konflikt med det apparatet skal gjøre. Dersom fargekoding av interaksjonselementer er kritisk for bruken av apparatet bør, disse ha en farge som samsvarer med oppgaven de skal gjøre og ikke med profilen til produsenten (Dan Stipe, 2015).

Størrelse på apparatet

Hvor stort apparatet er bør også tas i betraktning. Et stort apparat bør ha en nøytral farge som hvitt eller grå for å ikke dominere for mye i rommet det brukes i. Mindre produkter som håndholdte apparater kan i større grad ha en kraftigere og mer mett farge (Dan Stipe, 2015).

Betydning for GlucoSet

Siden GlucoSet er en helt ny aktør på det medisinske markedet kan det bli veldig aktuelt å bruke fargene deres som et markedsføringsverktøy. Det er likevel viktig å passe på at fargebruken ikke går utover brukbarhet. Her er vi relativt heldige da fargene deres er rødt, gult og grønt. Dette er farger som allerede er flittig brukt i grafiske grensesnitt på sykehusapparater og som har en sterk symbolikk.



HVIT

Hvit forbindes ofte med sterilitet og renhet og passer derfor bra i en medisinsk setting. Hvit er dessuten en nøytral farge som det passer å bruke på store apparater.



GRØNN

Tradisjonelt den medisinske fargen. Gir mindre refleksjoner enn hvitt og gjør at blodflekker ikke virker like oppsiktsvekkende.



GRÅ

Lys grå kan være et bra alternativ til hvitt som ofte kan oppfattes som for sterilt. Grå er en farge som symboliserer seriøsitet. En mørkere gråfarge kan også brukes til å symbolisere robusthet feks rundt basen på et apparat.



SORT

Symboliserer profesjonalitet og gjør seg bra i en laboratoriesammenheng. Tradisjonelt en farge som er vanlig i forbrukerelektronikk. Kan forbindes med død.



RØD

Kan ha en oppkvikkende effekt. Assosiasjoner til blod gjør at rødt bør unngås i kliniske sammenhenger men heller brukes i små mengder for å tiltrekke oppmerksomhet.



GUL

Oppfattes som positivt og vennlig. Gult passer bra på utstyr som skal brukes på barn.



BLÅ

Kan ha en beroliggende effekt på både pasienter og sykehuspersonell og egner seg derfor godt i en klinisk sammenheng.



LILLA

Forbindes ofte med spiritualitet. Kan være en bra farge å bruke i en recovery-sammenheng.



ROSA

Forbindes gjerne med feminitet i vestlige land og kan brukes på apparater som brukes på kvinner.

FØLGER ANDRE TRENDER

Medisinsk utstyr følger andre trender vi er vant med fra produkter vi omgir oss med i det daglige. Ifølge Øyvind Høyland ved teknisk avdeling på St. Olavs ligger medisinsk utstyr generelt langt fremme på elektronikk. Samtidig er det vanlig med relativt konservative grensesnitt. Hovedårsaken til dette er lange utviklingsløp der det både kan være dyrt å vanskelig regulatorisk å endre på noe underveis.

En av de nyeste trendene er ifølge Høyland at utstyret blir mer Apple inspirert. På en medisinsk teknologisk messe han var på ifjor, var det eksempler på dette der hele operasjonsrom kunne styres med iPad. Høyland tror at grensesnitt på medisinsk teknologisk utstyr kan komme til å ligne mer på det vi er vant med fra apper.

En konsekvens av dette igjen er kanskje trenden der medisinsk utstyr blir mer moblit. Dette åpner for at utstyr i fremtiden kan komme til å følge pasienten gjennom hele pasientreisen i større grad enn før. Videre kan nok også "internet of things"-trenden komme til å påvirke medisinsk utstyr fremover. Her møter man imidlertid en del utfordringer med tanke på personvern samt å få de ulike sykehussystemene til å snakke sammen.

Betydning for GlucoSet

At grafiske grensesnitt på medisinsk utstyr blir influert av Apple og apper er noe man kan la seg inspirere av. Denne trenden kan være et nyttig verktøy for en designer da man kan ta i bruk symboler og interaksjonsmønstre folk er vant med. Samtidig er det viktig å gjøre det tydelig at det faktisk ikke er en smartphone man trykker på men en maskin som er koblet opp mot et levende menneske. Å ha et mer Apple inspirert brukergrensesnitt kan også være et bra virkemiddel for GlucoSet i markedsføringssammenheng.



Kunne gjerne tenkt meg litt mer Apple interface.

Kvinnelig intensivsykepleier på St. Olavs

iGlucoSet?

Medisinsk teknologisk utstyr lar seg påvirke av Apple når det kommer til utforming og brukergrensesnitt.



GENERELT OM SKJERM

Hovedfunksjonen til skjermer på medisinske apparater er å presentere dynamisk informasjon til brukeren i en eller annen form. På mange apparater vil skjermen være det viktigste interaksjonselementet. Det er mange faktorer som må ligge tilrette for at en skjerm skal fungere optimalt: Skjerm-løsningen må tilpasses oppgavene som apparatet og brukeren skal gjøre. Skjerm-løsningen må tilpasses brukeren og brukerens egenskaper og ferdigheter. Skjermen må tilpasses konteksten der den skal brukes (Weinger et al., 2010).

Entografi

Egenskaper til den typiske brukeren bør karlegges ettersom faktorer som alder, gjennomsnittshøyde og evt synsproblemer vil påvirke hvordan man forholder seg til en skjerm (Weinger et al., 2010). I tillegg til dette bør brukerens forhold til teknologi og kanskje spesielt touchteknologi vurderes (Constantino et al., 2013).

Plassering og positurer

Om et apparat skal plasseres på en arbeidstasjon, en stang eller kanskje være håndholdt vil være helt avgjørende for valg av skjerm-løsning. Mens vitale data som vises på en pasientmonitor bør være synlig fra mange ulike avstander og vinkler, trenger ikke skjermen på et håndholdt apparat nødvendigvis å være lesbar fra mer enn en armlengdes avstand.

Selv om et apparat er tiltenkt én bestemt posisjon fra produsenten sin side, er det

viktig å ta hensyn til at sykehusene ofte har forskjellige monteringsløsninger. Det medfører at et apparat ikke alltid blir plassert på den måten det opprinnelig var tiltenkt (Weinger et al., 2010).

En designer bør dessuten ta hensyn til eventuelle positurer en bruker måtte ha mens hun bruker apparatet. Er det mest sannsynlig at brukeren vil bruke apparatet stående eller sittende på en stol? Er apparatet så viktig at det følger med pasienten ved en eventuell forflytning? Hvordan plasseres det i så fall da?

Miljø og belysning

En skjerm bør være lesbar selv i varierende lysforhold (Constantino et al., 2013). Apparater som brukes på pasienttom bør ta hensyn til lysforhold som kan variere fra fullt dagslys til dempet belysning. Her er refleksjoner fra eventuelle taklys også noe man bør ta hensyn til. I slike miljøer kan det være aktuelt å ta en lysprøve både ved de antatt beste og dårligste lysforholdene.

Mørk bakgrunn

Medisinske apparater har som regel enten mørk skrift på lys bakgrunn (positiv polaritet) eller lys skrift på mørk bakgrunn (negativ polaritet). Det finnes fordeler og ulemper ved begge disse modusene. Ifølge Weinger et al. (2010) vil positiv polaritet redusere refleksjoner og gjøre at skjermen virker skarpere, mens negativ polaritet kan redusere persepsjon av bildeflimmer. Ifølge Human Factors and



Ergonomics Society [HFES] (2002) kan negativ polaritet være en fordel dersom skjermbildet inneholder mange farger, fordi lyse farger som f.eks. gul eller gir en dårlig kontrast mot en hvit bakgrunn. Dette kan være en av årsakene til at monitoringsutstyr gjerne har negativ polaritet ettersom skjermbildet ofte inneholder mye informasjon som gjør fargekoding til et viktig virkemiddel. På utstyr som brukes i laboratoriesammenheng er det derimot vanligere med positiv polaritet. En annen årsak til at sorte skjermer idag er mer utbredt til monitorering kan være at det er noe som henger igjen fra gammelt av. Før da skjermteknologien var dårligere var skjermene ofte sorte fordi det gjordte at bildet ikke brant seg fast.

Informasjon

Hvilken informasjon skjermen skal gi brukeren vil også være avgjørende for

valg av skjerm (Weinger et al., 2010). Faktorer som størrelse, oppløsning og fargespekter vil avhenge av hvilken informasjon som skal vises. Mens høy oppløsning vil være essensielt for at en radiolog får analysert et radiografisk bilde, vil en håndholdt glukosemåler for diabetikere som kun skal vise et glukosetall ikke trenge en like avansert skjerm.

Betydning for GlucoSet

Hvor GlucoSet skal plasseres på intensivrommet kan bli avgjørende for valg av og form på skjerm. Størrelsen på apparatet vil også begrense mengden informasjon som kan vises som igjen kan påvirke skjermoppløsning. Siden GlucoSet skal brukes til monitorering vil skjermen trolig ha en negativ polaritet.

TOUCH

Idag er touchskjermer å finne i alt fra telefoner til kjøleskap. Det å ha en skjerm med touchfunksjonalitet kan virke som en suksessfaktor for produsenter av elektrisk utstyr. Den medisinske industrien er intet unntak. Men det er ikke alltid at det som fungerer bra på et forbrukerprodukt lar seg overføre til et medisinsk apparat.

Mange fordeler

Touchskjermer åpner for direkte interaksjon med skjermelementer som er intuitivt. De krever lite kraft for å aktivere en kontroll samtidig som de er lette å rengjøre. Fra et produksjonsperspektiv vil en touchskjerm gjøre behovet for mekaniske elementer som knapper og brytere mindre. Det vil også gjøre det lettere for en produsent å gjøre endringer på programvare i ettertid.

Type touchteknologi

Idag finnes det to hovedtyper touchskjermer: resistive og kapasitive. Resistive touchskjermer består hovedsaklig av to lag separert av et lite mellomrom og er avhengige av trykk for å fungere. Ved å legge press på skjermen presser man de to lagene sammen og slutter en krets som forteller hvor det ble trykket. Resistive touchskjermer fungerer bra med hansker, men siden de består av flere lag er de ofte mindre presise og skarpe enn kapasitive touch-skjermer. På resistive touchskjermer er man også mer utsatt for det som kalles paralaksefeil. Siden skjermen har flere lag vil det kunne oppstå en liten forskyvning mellom et område på skjermen og det tilhørende touchområdet (Weinger et al., 2010). Dette kan i verste fall få en bruker til å bomme på det området hun ønsker å trykke på. Paralaksefeil er mest utbredt på svakt buede skjermer.

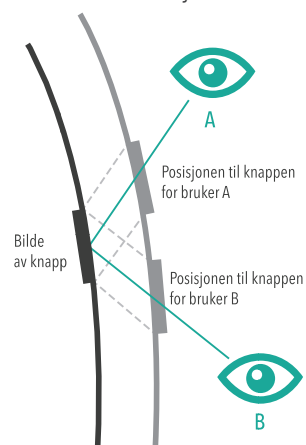
Kapasitive touchskjermer er avhengige av elektriske egenskaper ved menneskekroppen for å fungere. Ved å trykke på en kapasitiv skjerm endrer man dens elektriske egenskaper som igjen kan avgjøre hvor det ble

MONITORERING →

På apparater som brukes til monitorering av pasienter kan touchskjerm være et godt valg.

PARALAKSEFEIL ↓

Kan være et problem på resistive touchskjermer





trykket. Kapasitive skjermer er å finne i smarttelefoner og nettbrett fordi de er lettere, tynnere og billigere enn resistive, men siden de virker dårlig med hansker er de lite brukt i medisinsk sammenheng. Det finnes produsenter som lager kapasitive skjermer som det går an å operere med hansker, men disse er ofte svært dyre som igjen gjør at de er mindre utbredt.

Størrelse på skjermelementer

Ifølge Weinger et al. (2010) bør et trykkbart skjermelement ikke ha en dimensjon som er mindre enn 13 mm. Alle trykkbare skjermområder bør dessuten separeres av et mellomrom som ikke er mindre enn 6 mm. Faktorer som dette blir enda viktigere dersom apparatet skal brukes i bevegelse ved pasienttransport mellom avdelinger eller i en ambulanse. I slike tilfeller kan knapper ofte være et bedre alternativ.

Raskt arbeid

Dersom en bruker må arbeide raskt eller blir distraheret kan dette føre til ubevisste dobbeltrykk som igjen kan føre til feilbehandling. Touchskjermer bør derfor ha en liten forsinkelse mellom hvert knappetrykk og overgang mellom skjermbilder. Ved potensielt viktige interaksjoner kan en pop-up der man bekrefter valg være smart.

Betydning for GlucoSet

Siden GlucoSet i førsteomgang kun skal brukes til stasjonær monitorering kan en resistiv touchskjerm være et godt alternativ. En touchskjerm kan også ha en positiv effekt fra et opplæringsperspektiv. I tillegg til dette ser vi at at touchskjerm kan spille en rolle som en markedsføringsfaktor. En rask analyse av de nærmeste konkurrentene til GlucoSet viser at alle tilsynelatende touchfunksjonalitet.



MARKED

Hvordan ser markedet ut?
Hva skal til for å lykkes?



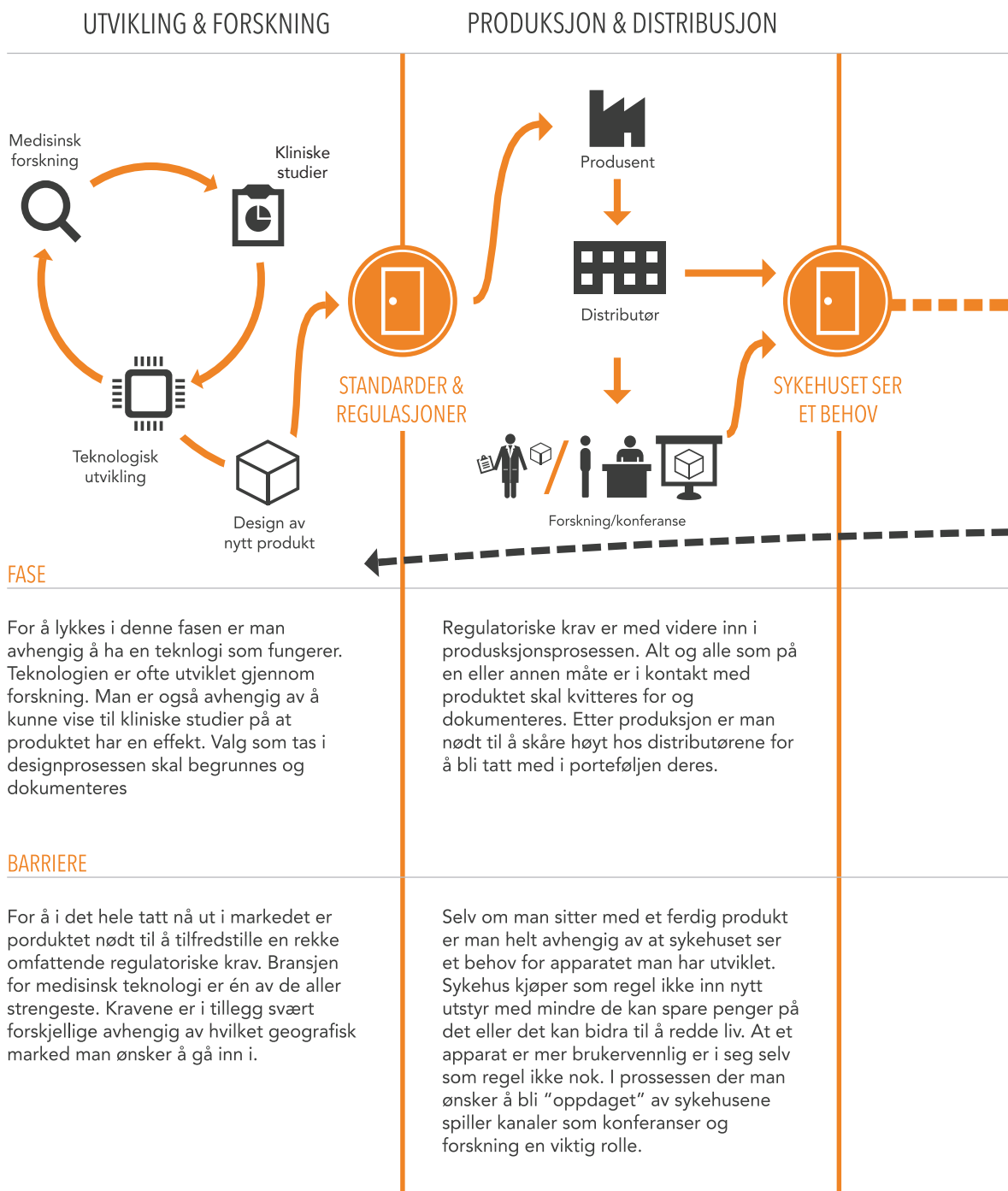
HELSE MØTER ØKONOMI

GlucoSets produkt befinner seg i spennet mellom teknologi, bruker og marked. GlucoSets styrke idag er sensorteknologien. For at produktet skal lykkes er de helt avhengige av å lage et produkt som brukeren liker, men de må også forstå mekanismene i det medisinske markedet.

Med ekstra lange utviklingsløp og kompliserte innkjøpsprosesser skiller markedet for medisinsk teknologisk utstyr seg veldig fra forbrukermarkedet. Som designstudenter er vi godt vant med å ha en brukersentrert tilnærming enten det gjelder utvikling av nye produkter, it-løsninger eller tjenester. I dette prosjektet innså vi likevel at det var mange flere aktører som hadde en innvirkning på om produktet i det hele tatt kom ut til sluttbrukeren. Det er en rekke barrierer man må gjennom og det ble viktig for oss å kartlegge suksesskriteriene for et vellykket produkt. Dette førte til at vi har hatt et litt bredere fokus enn det vi har hatt på tidligere designprosjekter.

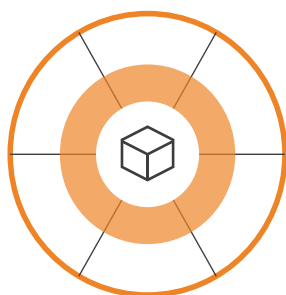
Dette kapitlet går nærmere inn på hvor GlucoSet er idag og hva som skal til for at de kan få produktet ut til intensivavdelinger, anskaffelsesprosessen ved sykehus, hovedaktørene i markedet og konkurrentene til bedriften.

FRA UTVIKLING TIL SLUTTBRUKER



ANSKAFSELSESPROSESS

BRUK



Anskaffelsesprosess
(se neste side)



DITT PRODUKT
BLIR VALGT



Oppdateringer

Misfornøyde brukere

I denne fasen har sykehuset sett et behov for nytt utstyr. En anskaffelsesprosess er avhengig av mange faktorer og kan variere veldig i omfang avhengig av hvilket behov det er snakk om. Ved store anskaffelser legges det ut offentlige anbud. Se neste side for en grundigere gjennomgang av selve anskaffelsesprosessen.

Medisinsk teknologisk utstyr blir levert med svært gode serviceavtaler. Disse kan ta for seg alt fra levering, montering og konfigurering av apparatet til opplæring og tilbakekalling ved eventuelle oppdateringer. Oppdateringer av produktet betyr ofte at apparatet må resertifiseres.

Sykehusene velger ofte apparater fra produsenter og distributører de har brukt tidligere noe som kan gjøre det vanskelig for en ny aktør å bli valgt. Siden anbudene er offentlige kan man imidlertid protestere dersom man mener at en annen aktør har blitt valgt fremfor en selv på feilaktig grunnlag.

Det er vanlig at medisinsk teknologisk utstyr blir levert med full returrett. Flere av sykepleierene vi har vært i kontakt med har kunnet fortelle om utstyr som har blitt sendt tilbake til distributør som følge av lite brukervennlig grensesnitt eller komplisert workflow.

ANSKAFFELSESPROSSESS

Å kjøpe inn nytt sykehusutstyr er en omfattende prosess. På sykehusene snakker man gjerne om anskaffelse heller enn innkjøp av nytt utstyr for å illustrere at det handler om hele livsløpet til utstyret, fra det melder seg et behov til utstyret blir kastet eller solgt videre. Hvem som har ansvaret for anskaffelse varierer. Ofte settes det opp egne prosjektgrupper for ulike anskaffelser, som tar seg av hele prosessen. På St. Olavs er det teknisk avdeling som sitter med hovedansvaret. Figuren til høyre viser hvordan de mener anskaffelsesprosessen bør se ut.

Behov

Hjulet starter ved at noen på sykehuset uttrykker et behov. Det kan være flere årsaker til dette. Gammelt utstyr kan være utdatert, en overlege får med seg nye kliniske studier, eller man ser at andre avdelinger eller sykehus har nytt utstyr som de er fornøyd med. Behovet kommer ofte fra leger og overleger, men det kan også komme fra sykepleiere. Dersom produktet gir bedre behandling så spares det i Norge sjelden penger på utstyr. Dårlige økonomiske tider gjør likevel at sykehuset ikke kjøper utstyr de ikke er helt sikre på at kan redde liv eller som de kan spare penger på i det lange løp.

Prioritering

Etter at det er meldt et behov gjøres det en prioritering innad i sykehuset, som er nødt til å fordele ressursene dit det trengs mest. Da må man enten ta av penger som kunne gått til andre avdelinger eller man må ta av eget driftsbudsjett som igjen fører til at de må stramme inn andre steder. På St. Olavs har intensivavdelingen lov til å kjøpe inn eget utstyr på driftsbudsjettet så lenge den samlede verdien er mindre enn 100 000 kr. Det er viktig å ta kostander knyttet til drift og vedlikehold med i det totale regnestykket.

ANSKAFFELSESHJULET

Slik ser en ideell anskaffelsesprosess ut ifølge teknisk avdeling på St. Olavs.



Vi med faget har stor innflytelse.

Overlege på St. Olavs' intensivavdeling



Avklaringer

Omfattende anskaffelser legges alltid ut på anbud. Før dette prøver sykehuset å inkludere alle aktørene som kan komme til å ha noe med produktet å gjøre, fra sykepleiere til bygg og IKT. Disse får så være med å bestemme betingelsene som skal inngå i anbudet. De ulike parameterne vektas etter viktighet.

Innkjøp

Etter at anbudet er utlyst kan hvem som helst komme med tilbud. Mange sykehus har en tendens til å velge leverandører de har erfaringer med fra tidligere. De er likevel nødt til å oppfylle kriteriene i anbudet for å bli vurdert. Leverandører kan legge inn protester dersom de mener at andre har blitt valgt fremfor dem selv på feilaktig grunnlag i anbudsprosessen.

Installasjon

Etter at noen har vunnet anbudsrunden og utstyret er kjøpt inn tas det inn til teknisk avdeling ved sykehuset. Her registreres det i systemet med egen vedlikeholdsplan og det går gjennom en konfigureringsprosess før det monteres ute på avdelingen. Konfigureringen foregår som regel sammen med leverandør. Før det kan tas i bruk gjøres det en godkjenningsprøve. I tillegg til dette er man i Norge pålagt opplæring på nytt medisinsk utstyr.

Drift

Gode garantier og vedlikehold er noe som blir tungt vektlagt i en anbudsprosess. Ifølge sykepleiere på Drammen sykehus hender det at partier med dyrt utstyr har blitt refundert på grunn av dårlig

oppfølging. Hvem som tar seg av vedlikehold av nytt utstyr varierer. På St. Olavs gjøres det meste av teknisk avdeling, mens i Oslo som ligger nærmere leverandørene er det vanlig at service på produktene kjøpes med produktet. Antall enheter som er kjøpt inn har også noe å si for hvem som gjør vedlikehold. Spesialutstyr sykehuset har lite av er det vanlig å benytte ekstern service på.

Anskaffelsesprosessen i praksis

Hvordan teknisk avdeling ønsker at anskaffelsesprosessen skal foregå er ofte forskjellig fra hva som faktisk skjer i praksis. Selv om mange av brukerne blir hørt, vektas ofte pris høyere enn brukervennlighet når anbudet skrives. Teknisk avdeling ved St. Olavs fortalte om eksempler der brukervennlighet ble prioritert på tross av stor prisdifferanse, men det gikk ofte andre veien.

Health Economics

Ifølge ansatt ved Oslo MedTech er Health Economics en økende trend. Det vil si at sykehusene prøver å se på total kostnadene knyttet til for eksempel innkjøp av et nytt apparat. Health Economics handler om hvordan man kan effektivisere behandlinger, korte ned antall liggedøgn, spare ekstra bemanning og andre viktige faktorer som kutter kostnader i det lange løp. Dette var noe teknisk avdeling forklarte de prøvde å vektlegge, uten at det nødvendigvis ble gjort i praksis.

Betydning for GlucoSet

For GlucoSet blir det viktig å overbevise aktører som har innflytelse på sykehuset om



Support decision-makers

Demonstrate economic benefits

Identify clinical benefits

Measure results against alternative

Demonstrate financial impact

Provide realistic scenarios

HEALTH ECONOMICS APP ↑

Å overbevise sykehuset om at de vil tjene på produktet deres i det lange løp kan være en utfordring. Et it-selskap ved navn Base Case har utviklet et verktøy for de som skal selge seg inn hos innkjøpsansvarlige (Base Case Inc, 2015)

behovet for kontinuerlig glukosemåling. Per idag kommer det an på hvem du spør om de ser et behov eller ikke. Her må GlucoSet få testet teknologien gjennom kliniske studier for å bevise at de faktisk kan redusere dødelighet eller vente på at andre gjør det. Dersom de ikke kan vise til noen nevneverdig reduksjon i dødelighet vil de måtte spille på andre faktorer; det kan være pasienter med spesielle behov, som diabetes eller ved å utvikle apparatet til å bli en del av en lukket reguleringsløyfe.

Forretningsmodellen til GlucoSet vil være viktig for om produktet lykkes i anskaffelsesprosessen. Det vil være viktig å legge vekt på de langsiktige sparte utgiftene til sykehuset. Forretningsmodell er diskutert senere i dette kapitlet.

Fra et designperspektiv er brukervennlighet noe som kan bli viktig. Selv om pris ofte trumfer brukervennlighet i praksis vil et brukervennlig produkt alltid telle positivt. Valg av komponenter kan også bli viktig for å presse ned prisen på apparatet.

HOVEDAKTØRER

Det medisinske markedet er et svært attraktivt marked for mange elektronikprodusenter. De tre største aktørene idag er Philips, GE Healthcare og Siemens. I tillegg til dette leverer både Toshiba og Hitachi medisinsk utstyr, men disse er ikke like store i Europa. Samsung har også uttrykt at de ønsker å etablere seg på markedet og bli en av de store innen 2020. De har allerede en del produkter i sin portefølje. Det er også vanlig at en del kinesiske produsenter kommer med etterligninger av etablert utstyr.

Betydning for GlucoSet

I første omgang vil ikke de store aktørene påvirke GlucoSet som er avhengig av sitt eget standalone produkt for å komme ut på markedet. For øyeblikket er det ingen av de store som har egne kontinuerlige glukosemålere. Siden disse aktørene sitter på store resurser kan de trolig tillate seg å vente til det er bevist klinisk at kontinuerlig glukosemåling har en effekt på dødelighet før de utvikler et eget apparat.

I et fremtidig perspektiv kan det være at en av de store aktørene kan ha noe å si for GlucoSet ved de kjøper opp teknologien deres slik at apparatet blir helt eller delvis integrert i en av deres løsninger. En annen ting som kan skje er at en konkurrent blir kjøpt opp og på den måten får et konkurransefortrinn.

DE FIRE STORE I→

Philips, GE, Siemens og Samsung er de største aktørene på markedet, men vil trolig ikke utvikle noen kontinuerlige blodsuktermålere før det er bevist klinisk at det kan redusere dødelighet.

The Philips logo consists of the word "PHILIPS" in a bold, black, sans-serif font, centered within a white circle.

PHILIPS

The Siemens logo consists of the word "SIEMENS" in a bold, black, sans-serif font, centered within a white circle.

SIEMENS

The Samsung logo consists of the word "SAMSUNG" in a bold, black, sans-serif font, centered within a white oval shape, which is itself centered within a larger white circle.

SAMSUNG

KONKURRENTER

Det finnes flere aktører som utvikler teknologi for kontinuerlig måling av blodsukker til bruk på intensivavdelinger. Et par av disse aktørene har lansert produkter på sykehusmarkedet, men ingen har kommet så langt at salgsprosessen er noe som er høyt prioritert. Glukosemålerne som finnes benytter ulik teknologi for å måle blodsukker. GlucoSet ønsker å differensiere seg ved at de har en mer nøyaktig sensor samtidig som de har planer om å utvikle en mer robust og brukervennlig prosesseringsenhet, som i større grad er egnet for intensivavdelinger. De konkurrerende produsentene kan likevel være interessante med tanke på hvordan de har løst problemer med tanke på design og brukergrensesnitt.

Andre konkurrenter

Andre fremtidige konkurrenter kan være bedrifter som lager mini-blodgassmaskiner til bruk på pasientens rom. Ingen av disse har så langt mulighet for å måle blodsukker.

UTFORDRERE →

GlucoSet har flere konkurrenter som man kan hente inspirasjon fra.



Medtronic

Kontinuerlig måling av blodsukker. 10 minutters forsinkelse. Uppreis i bruk på intensivavdelinger, men brukes allikevel på enkelte sykehus.

Foto: Medtronic



glySure

Kontinuerlig måling av blodsukker.

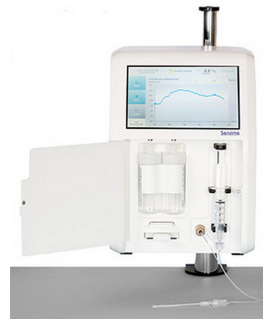
Foto: Medtronic



Maquet

Kontinuerlig måling av blodsukker med 5 minutters forsinkelse.

Foto: Maquet



Senzime

Ikke-kontinuerlig måling av blodsukker og laktat. Prøve kan tas hvert andre minutt. Fem minutters forsinkelse på resultat.

Foto: Senzime



flowcion

Kontinuerlig måling av blodsukker. Fem minutters forsinkelse på resultat.

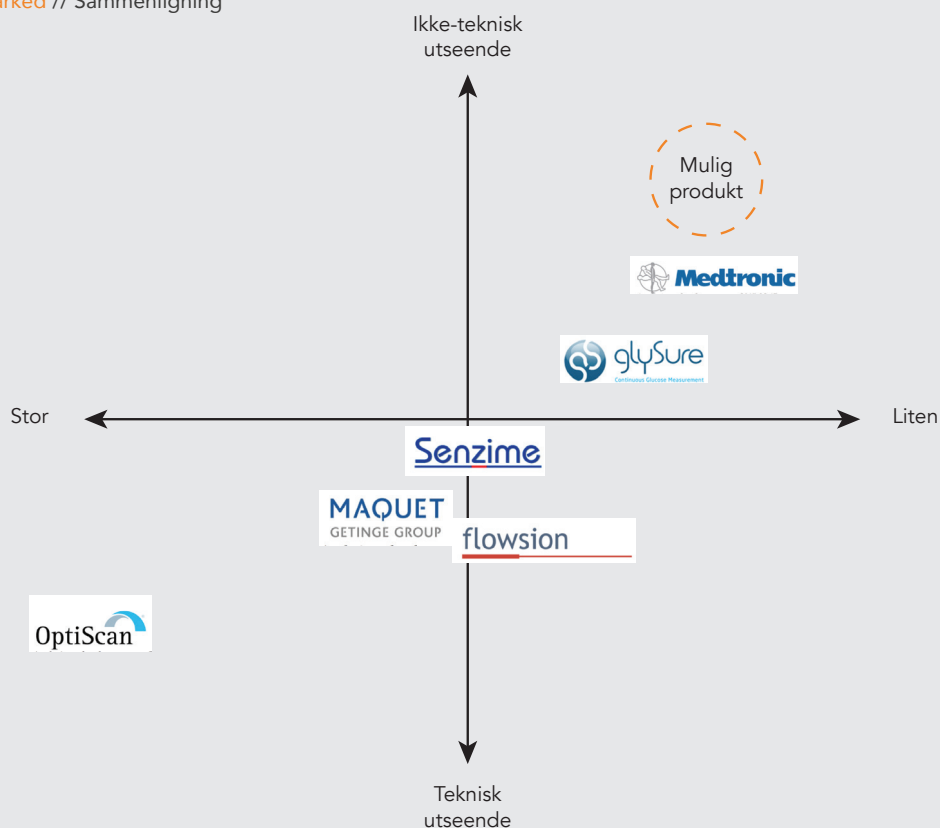
Foto: flowcion



OptiScan

Ikke-kontinuerlig måling av blodsukker. Prøve hvert 15 minutt. Måler også O2 og Hemoglobin. Enheten er i salg i Italia.

Foto: OptiScan



SAMMENLIGNING

Vi så i feltstudiet vårt at plassmangelen på intensivavdelinger var stor, og at størrelsen på instrumentet var en svært viktig faktor. Vi hadde svært begrenset informasjon om konkurrentene, men gjorde en grov vurdering av de, basert på størrelse og hvor tekniske apparatene gav inntrykk av å være. Undersøkelsen ble basert på render og bilder fra de ulike konkurrentenes nettsider, sammenligningen viser at det er mangel på et lite og presist instrument som måler blodsukker kontinuerlig og oppfattes som brukervennlig.

Betydning for GlucoSet

Gjennom design kombinert med GlucoSets lite plasskrevende teknologi har de mulighet til å ha det minste og mest nøyaktige apparatet, som gir inntrykk av å være enklest i bruk. GlucoSet satser på å være en "fast follower" etter at andre bedrifter har bekreftet hypotesen om at strengere regulering av blodsukker vil føre til lavere dødelighet. Siden GlucoSet hverken er først på markedet og heller ikke kan måle flere blodverdier, så er de helt avhengig av å være foretrukket på andre områder.



FORRETNINGSMODELL

GlucoSet kan tjene penger gjennom salg av instrumenter, engangssensorer, service, utleie av maskiner eller betalt per tid instrumentet er i bruk. En annen mulighet for bedriften er å utvikle og lisensiere sensordesigns til andre bedrifter. Idag baserer GlucoSet forretningsplanen sin på å selge apparatet til nær kostpris for så å tjene penger på engangssensorer.

Å selge teknisk utstyr til medisinsk sektor er ikke rett frem, og det kan være at ulike strategier lønner seg i ulike land, slik at GlucoSet må tilpasse seg etterhvert som de går inn i et nytt marked. I prosjektet har vi tatt utgangspunktet i GlucoSets forretningsmodell slik den ser ut idag. Selv om forretningsmodell ikke har blitt fokusert spesielt på, velger vi likevel å trekke fram designvalg som kan påvirke forretningsmodellen eller som tas på bakgrunn av hvordan forretningsmodellen ser ut. Enkelte antydninger av fordeler og ulemper ved ulike forretningsmodeller forekommer også.

Smarte systemer

Komponenter som tillater direkte kommunikasjon mellom enheten og

GlucoSet åpner for at bedriften kan tjene penger per tid instrumentet er i bruk. Dette er spesielt relevant med tanke på fremtidig bruk. Dersom man ønsker å designe et instrument som kan brukes etterhvert som markedet og forskningen modnes, kan dette være svært nyttig. Når instrumentet potensielt beveger seg mot en såkalt en lukket reguleringssløyfe beskrevet i kapittelet om medisinsk teknologi, kan det være behov for å leie en algoritme for beregning av rett insulinose. Da vil GlucoSet kunne leie en slik algoritme per gang instrumentet er brukt og skille mellom hvor mange sensorer som er brukt med og uten algoritmen.

“Printer strategi”

En del medisinsk utstyr blir gitt bort gratis eller solgt med underskudd. Et eksempel på dette er dialysemaskiner, der selve maskinen er nesten gratis mens dialysesettene koster 3500 kroner. Dette ligner litt på strategien mange av selskapene som selger printere har. Printeren selges billig, mens det er de dyre blekkpatronene bedriftene tjener penger på. Hvilken strategi GlucoSet velger for salg av instrumentet vil ha mye å si for hvor



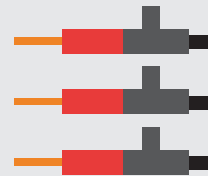
"UNLOCKE" FUNKSJONALITET

GlucoSet kan ta betalt for å unlocke funksjonalitet som feks. en algoritme til bruk i en lukket reguleringsløyfe.



TID I BRUK

GlucoSet kan velge å ta betalt for tiden apparatet er i bruk.



PRINTER STRATEGI

GlucoSet kan gi bort apparatet billig/gratis for heller å ta betalt for sensorene

mange instrumenter sykehusene vil kjøpe inn. Dersom de velger en "printer strategi", vil sykehusene kanskje kjøpe inn et instrument per rom, mens dersom de selges instrumentene dyrere kan sykehusene velge å ha få apparater som flyttes rundt på avdelingen etter behov. Dette kan ha en del å si for hvordan man designer instrumentet. Et apparat beregnet for å stå fast på et rom kan se veldig annerledes enn et som skal inn og ut av et lagerrom.

Hvem betaler?

Prisen på instrumentet kan også påvirke om apparatet vil belaste driftsbudsjettet til intensivavdelingen eller sykehusets budsjett for nytt medisinsk utstyr. Ifølge en overlege ved St. Olavs går denne grensen ved 100 000 kroner hos dem. Ved andre sykehus og i andre markeder kan dette se helt annerledes ut igjen.

Sykepleierens bestevenn

Det er ofte sykepleieren i samarbeid med legen som bestemmer om ekstra sensorikk skal brukes for pasienten. Når GlucoSet har nådd ut til intensivavdelingene er de avhengig av at sykepleierne liker instrumentet og foreslår for legen å bruke det så ofte som mulig. Vår erfaring var at legene ofte lyttet til sykepleierne. Da vil GlucoSet få solgt flere engangssensorer.

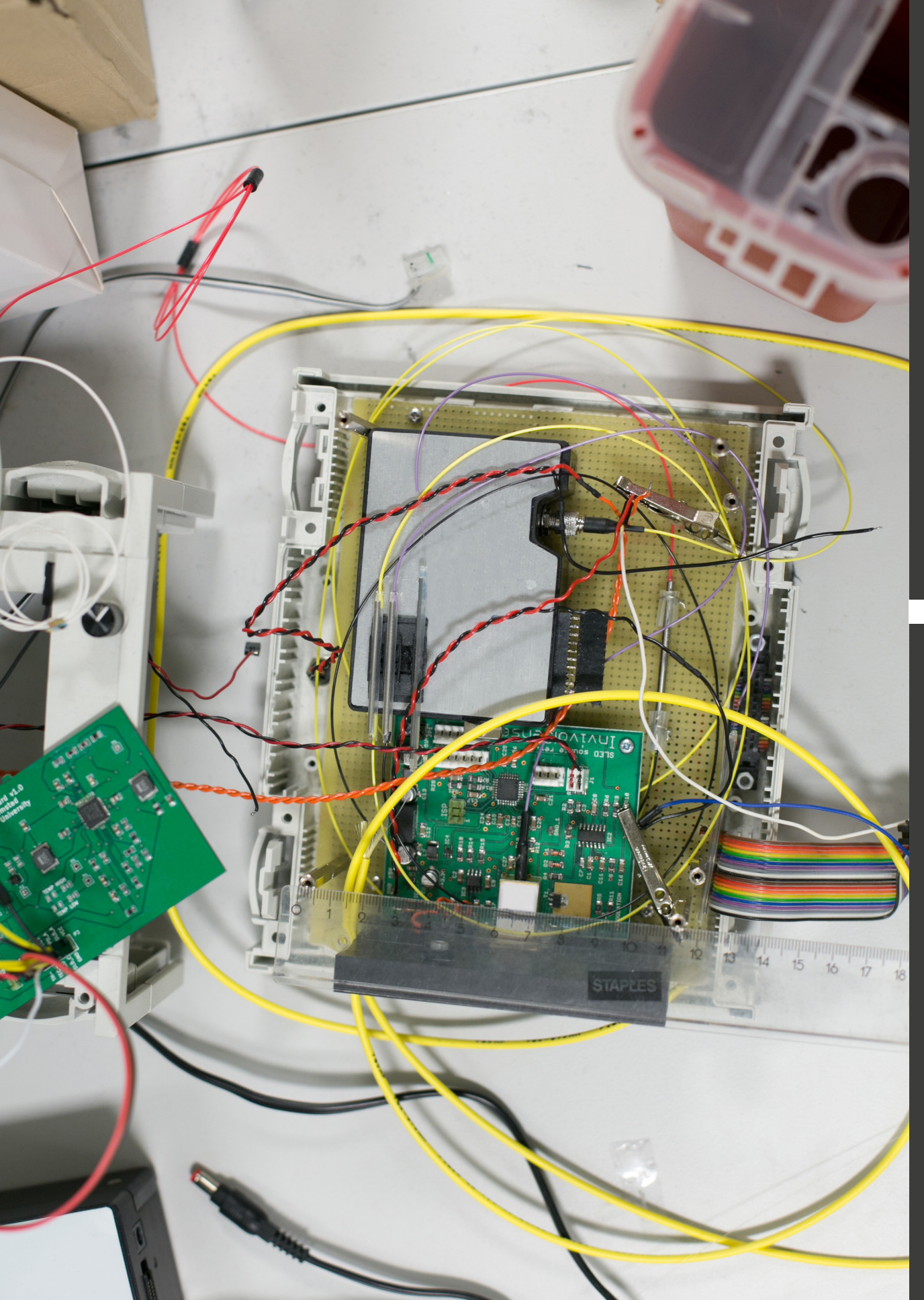
Konklusjon

Vi bygger videre på at GlucoSet satser på å selge instrumentet til nær kostpris eller med tap for så å tjene penger på salg av engangssensorer. Det betyr at det vil være viktig for GlucoSet at instrumentet har høy oppetid, lave servicekostnader og at det blir brukt mest mulig. Samtidig vil det være med på å gjøre at flest mulig sykehus vil ha et instrument per rom.



TEKNOLOGI

Hvordan fungerer teknologien?
Hva har det å si for bruk?



FORSTÅ OG ANVENDE

GlucoSet har en lovende sensorteknologi. Å opparbeide seg forståelse av denne har vært sentralt, fordi den setter rammer for både bruk og utforming. Vi ønsket å lage et realistisk konsept basert på hva som var mulig. For å få innsikt i fiberteknologien samarbeidet vi med FOSS AS og en teknisk ansvarlig i bedriften.

Vi kom inn i prosessen på et tidlig stadium. Det gjorde at vi hadde større mulighet til å påvirke valg av elektronikk og vurdere viktigheten av enkelte komponenter. På grunnlag av feltstudier og observasjoner så vi at størrelse ble en viktig faktor for apparatet. Derfor valgte vi å gå i detalj på de indre komponentene også.

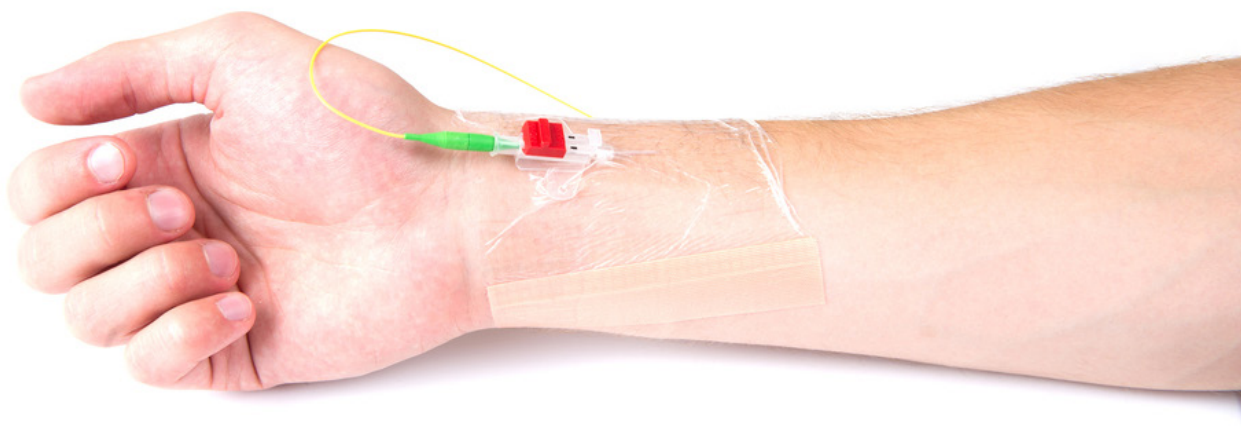
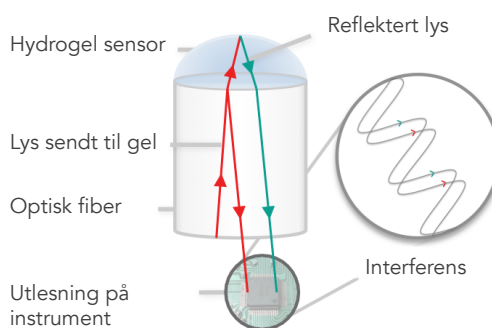
I dette kapittelet kan du lese om hvordan teknologien til GlucoSet fungerer, valg av sentrale komponenter samt hvordan disse påvirker grensesnitt og utforming. Noen valg med tanke på teknologi er også tatt i dette kapittelet. De første seks sidene av kapittelet er nyttig for å forstå teknologien til GlucoSet, resten har vært nyttig for oss, men er nok ikke like interessant lesning for andre enn GlucoSet.

SLIK FUNGERER DEN

Sensorprinsipp

Sensoren er basert på en hydrogel-teknologi, der det sitter en gel på tuppen av en optisk fiber. Litt forenklet kan vi si at fiberen legges inn i pasientens blodbane i et arteriekateter, som vist på bildet over. Gel-en i tuppen av fiberen endrer størrelse avhengig av blodsukkerkonsentrasjonen i blodet.

Den fiberoptiske kabelen er montert til et apparat som sender ut et lyssignal. Lyset reflekteres i gel-en og endrer bølgelengde basert på gel-ens størrelse. Det reflekterte lyssignalet tolkes av apparatet og glukosenivået kan beregnes.



FUKTING AV SENSOR

Produksjon, lagring og bruk

Sensoren er utviklet for å kunne produseres med lave kostnader og er basert på en patentert teknologi. Etter endt produksjon vil gel-en ligge som en tynn tørr hinne på enden av den optiske fiberen. Når sensoren fuktes sveller gel-en ut til den når en stabil tilstand. Denne prosessen tar **SENSURERT** og deretter er sensoren klar for måling.

Luftbobler ved fukting

Engangssensoren må kobles opp mot pasienten på en spesiell måte for at den skal fungere optimalt. Under oppkobling kan det danne seg luftbobler som kan føre til at lyset som sendes gjennom kabelen

ikke blir reflektert riktig og forstyrrer den optiske målingen.

Holdbarhet

I tørr tilstand har gel-en lang holdbarhet, mens den degraderes hurtigere i fuktig tilstand. Per dags dato virker det som den gir gode verdier i opptil **SENSURERT** etter fukting. Grunnet problematikken med degradering samt utfordringer med sterilisering av fuktet sensor skal sensoren oppbevares og sendes i tørr tilstand. Flere alternativer er vurdert, men GlucoSet har kommet frem til at det tryggeste og beste alternativet er at den fuktes i blodet. Dette gjør at sensoren ikke vil være brukbar før den er nådd stabil tilstand i blodet.

FUKTING AV SENSOR

Tørr gel



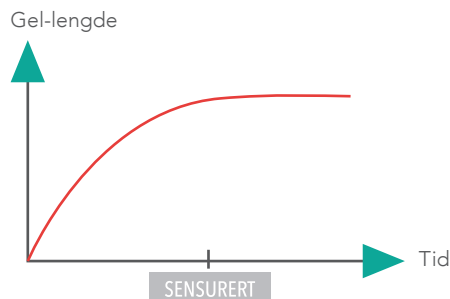
Fukting i **SENSURERT**



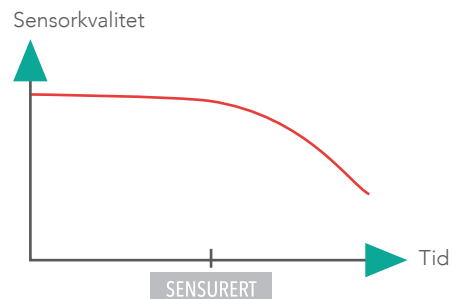
Gjennomfuktet gel



ENDRING AV GEL-LENGDE UNDER FUKTING



SENSORKVALITET ETTER FUKTING



NØYAKTIGHET

Sensor svelling

Mens sensoren sveller vil man ha en veldig stor usikkerhet i målingene. Etterhvert som sensoren sveller mindre vil målingene bli mer og mer pålitelige. Etter rundt **SENSURERT** anslås det at det vil være fornuftig å ta sensoren i bruk.

Før kalibrering

Før kalibrering vil apparatet måle endring i blodsukker svært nøyaktig, mens det vil måle absolutt blodsukker svært unøyaktig. Dette skyldes at hver gel vil være litt ulik fra hverandre i produksjon, og derfor vil det absolutte målet på gel-lengde variere litt. Idag tror GlucoSet at den beste nøyaktigheten de kan klare i produksjon tilsvarer et blodsukker lik **SENSURERT** før kalibrering.

Etter kalibrering

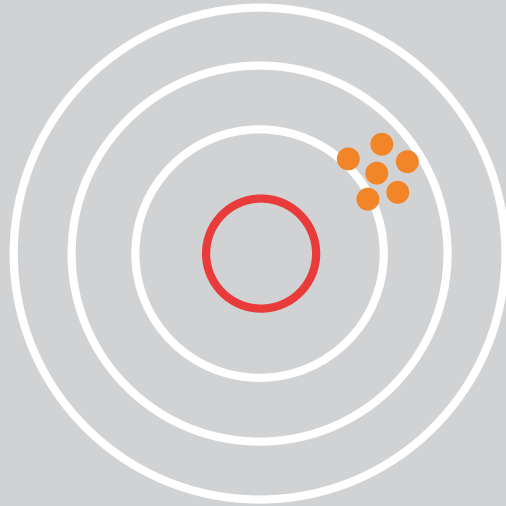
Etter kalibrering vil man kunne måle blodsukkeret med en nøyaktighet på **SENSURERT**.

Kalibrering

Kalibrering innebærer at man tar en blodgassmåling eller en POC-måling, for deretter å justere GlucoSets apparat etter denne. Det trekkes ut en prøve av arteriekateteret, og målingen analyseres på et eksternt apparat. Deretter må verdiene sammenlignes med apparatets verdier på det gitte tidspunktet for så å gjøre en kalibrering av målingene.

KALIBRERING I→

Sensoren til GlucoSet har en høy presisjon og lav validitet før kalibrering. Etter kalibrering har sensoren både høy presisjon og validitet.

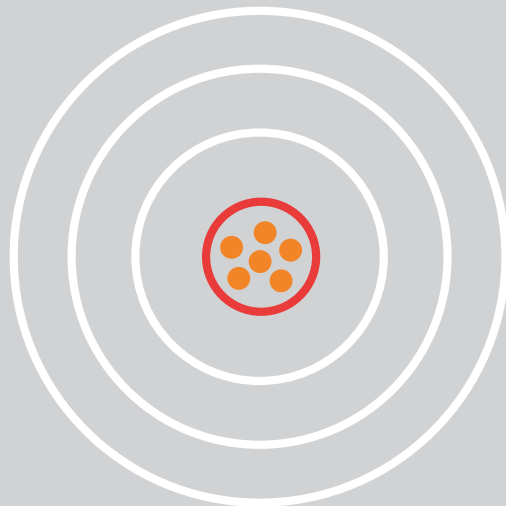


FØR KALIBRERING

Blodsukker:



KALIBRERING



ETTER KALIRERING

Blodsukker:

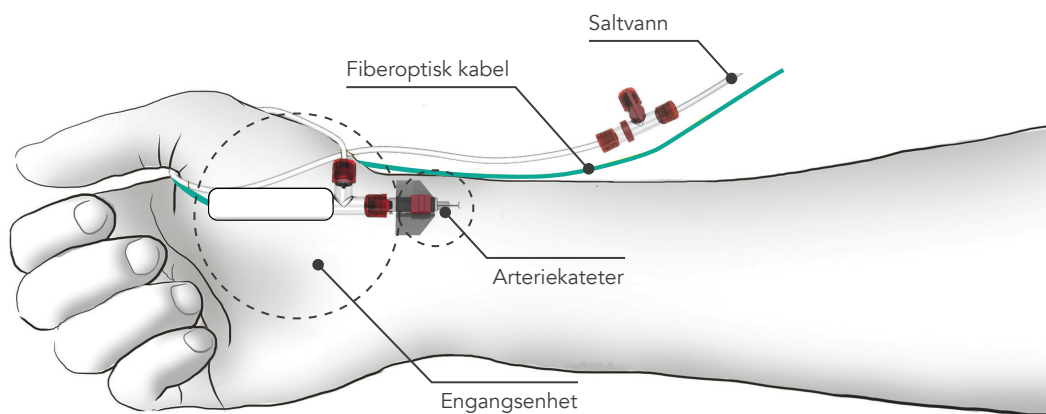
ENGANGSSENSOR

Bildet under viser en forenklet skisse av engangsenheten som K8 utvikler for GlucoSet. Vi skal ikke gå i detalj på denne enheten, men for at den skal fungere må den kobles til pasienten i en spesiell rekkefølge. GlucoSets engangsenhet, ofte referert til som engangssensoren i denne oppgaven, består av innkapslingen K8 utvikler og på innsiden finner man fiberen med gel-sensoren på tuppen. Gel-tuppen vil ligge i arterien og måle blodsukker kontinuerlig.

Med dagens praksis går den hvite saltvannsslangen på bildet over direkte inn i arteriekateteret, uten GlucoSets del mellom. GlucoSet ønsker å gjøre sin engangsenhet til en naturlig forlengelse av arteriekateteret. På denne måten ønsker bedriften å kunne la sykepleierne måle både blodtrykk og blodsukker ved samme arteriekateter. Figuren til høyre viser systemet GlucoSets instrument blir en del av. Det trykklagte saltvannet vil gå via GlucoSet sin enhet og videre og inn i arteriekateteret slik figuren viser.

PÅ ARMEN ↓

En forenklet illustrasjon av engangsenheten til GlucoSet plassert på armen. Sensoren er kun en tynn gel på tuppen av en fiber. Fiberen går fra engangsenheten inn i arterien via arteriekateteret.



TRYKKLAGT SALTVANN

Denne komponenten sørger for at det blir trykk på saltvannet i slangen koblet til arteriekateteret. Dette gjør at blodet ikke kommer ut av arteriekateteret.

BLODTRYKKSSENSOR, PASIENTMONITOR

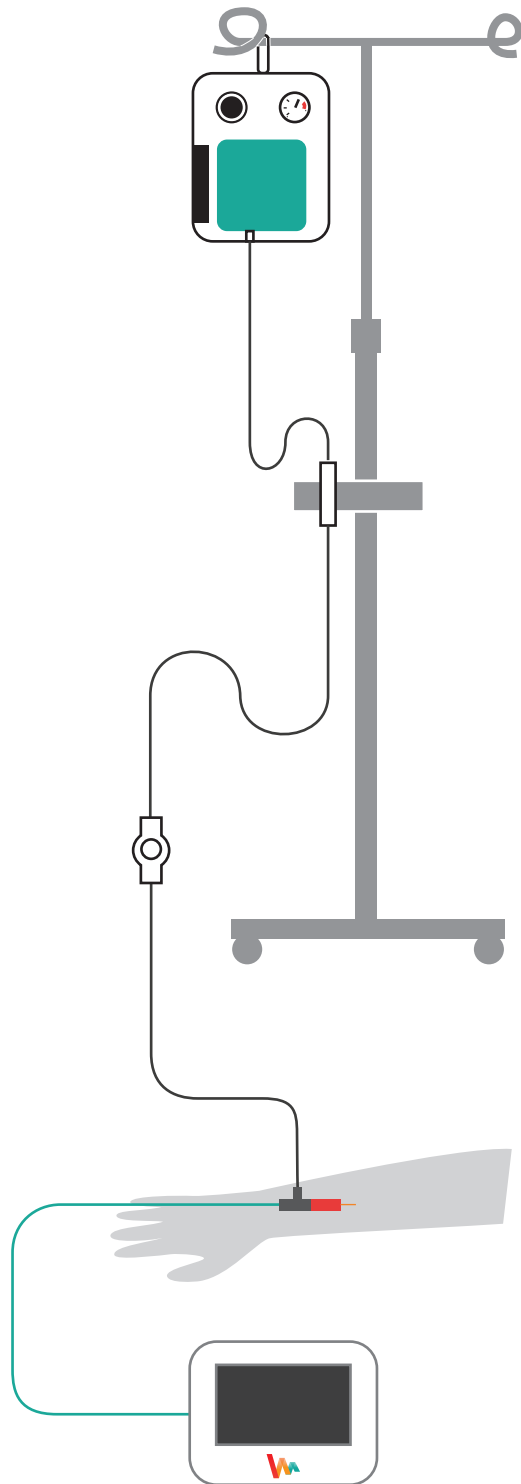
En blodtrykkssensor sitter ofte her. Den gir data videre til pasientmonitoren.

PRØVEUTTAK

Når en blodprøve tas senkes trykket i slangen og blodet trenger innover i slangen. Når blodet er kommet opp til denne porten trekker sykepleieren en blodprøve ut.

ARTERIEKATETER

Arteriekateteret er et tynt kateter inn i pasientens arterie. GlucoSet ønsker å koble seg på mellom arteriekateteret og vannsøylen videre, slik som bildet på forrige side viser.



TEKNISKE KOMPONENTER

Ved starten av prosjektet tok vi en gjennomgang med teknisk ansvarlig ved GlucoSet utifra det som var kjent om komponentene på det tidspunktet. Vi gjorde noen grove antagelser med tanke på størrelse som vi sjekket nærmere underveis i prosessen og som dannet grunnlaget for de første konseptene.

Siden vi så at størrelse ble en viktig faktor for å lykkes på intensivavdelinger brukte vi en del tid på å se hvor store komponentene var og om man kunne spare inn plass for å få produktet ned i et hendig format.

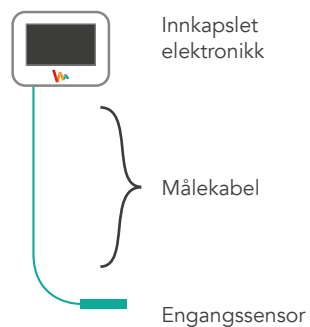
Figuren til høyre er et forenklet koblingsdiagram av de viktigste komponentene nødvendig for å lage produktet. Kort fortalt har man en lyskilde (SLED) som sender et lyssignal ut i fiberen. Lyssignalet følger den fiberoptiske kablen fram til geltuppen, hvor det reflekteres tilbake. Det reflekterte signalet registreres i spektrometeret. Informasjonen sendes videre til mikrokontrolleren som analyserer resultatene. Størrelse og funksjonen til de ulike komponentene er beskrevet mer i detalj på de kommende sidene.

KOBLINGSDIAGRAM ↗

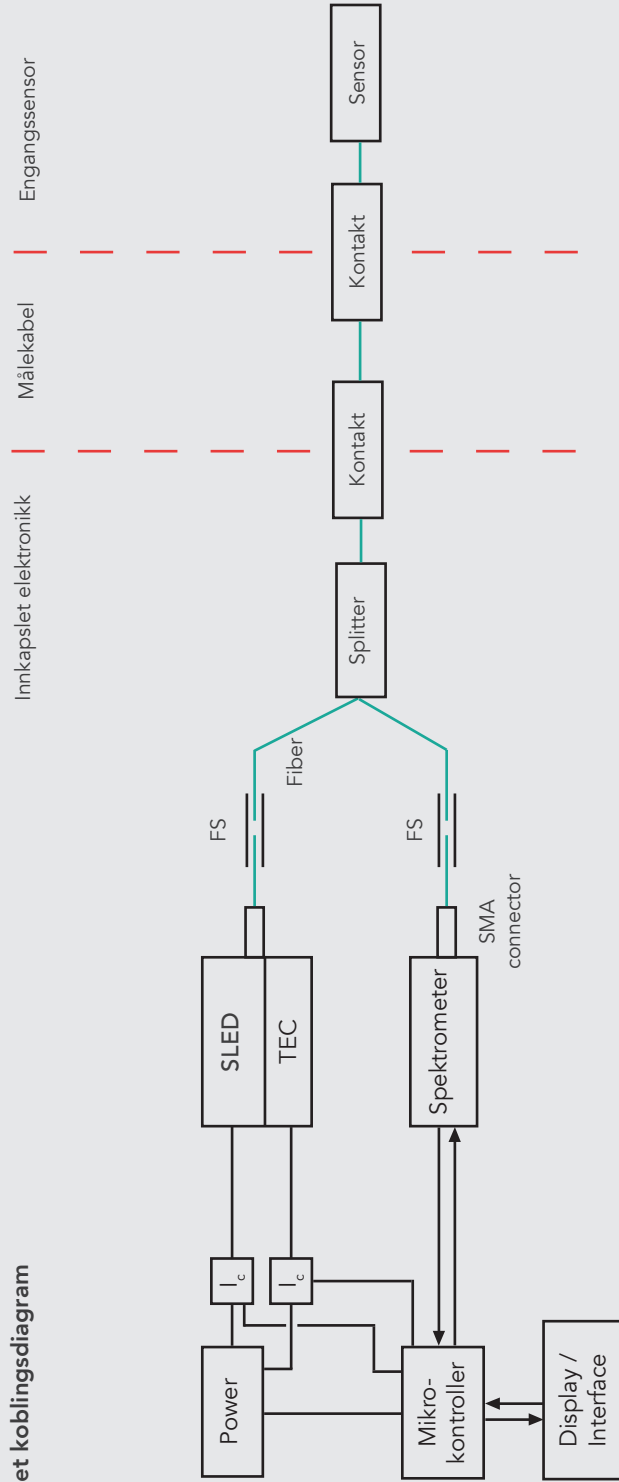
Figuren på høyre side er en forenklet figur av koblingsdiagrammet til GlucoSet.

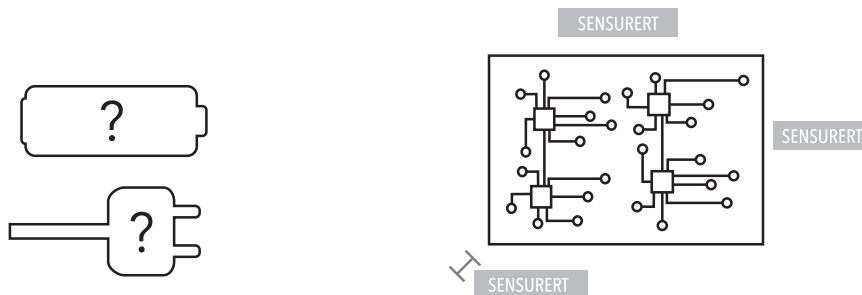
HOVEDKOMPONENTER ↓

Illustrasjonen under viser hvor de ulike delene av koblingsdiagrammet hører til.



Forenklet koblingsdiagram



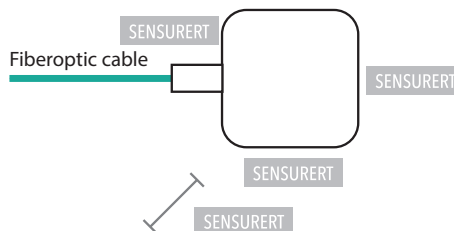
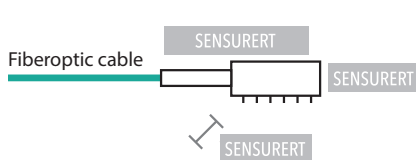


Strømforsyning (Power)

Strømforsyningen leverer strøm til systemet. Strømforsyningen kan bestå av batterier eller det kan være koblet til et strømuttak og inneholde blant annet en transformator som sørger for lavere spenning. Det kan også bestå av en kombinasjon av disse.

Mikrokontroller

Mikrokontrolleren er logikken i systemet. Denne kommuniserer med de andre systemene og gir beskjed om hvor mye strøm som skal leveres de enkelte komponentene. Den tolker også data fra spektrometer, lager skjermbilder og behandler input fra brukeren.

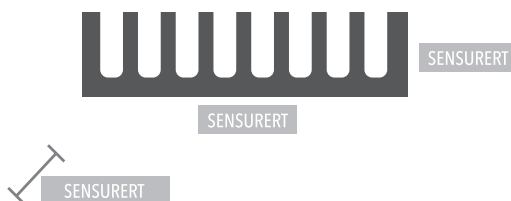
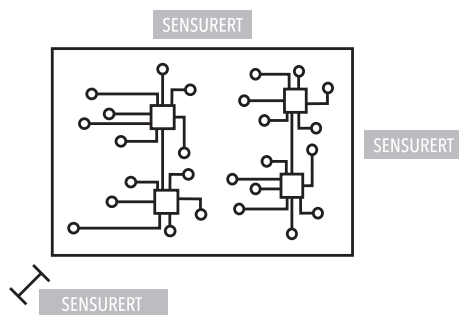


SLED og TEC

SLED-en lager et lyssignal som sendes inn i fiberkabelen. Dette følger kabelen via skjøtekontakt, splitter, to kontakter og treffer til slutt GlucoSets gel, som reflekterer signalet tilbake. Lyskilden er følsom for varme, og TEC er en komponent som kontrollerer hvor varm lyskilden blir.

Spektrometer

Når lyssignalet reflekteres fra gel-en, vil det følge den fiberoptiske kabelen tilbake og mye av lyset vil gå til spektrometeret. I spektrometeret registreres bølgelengden på signalet og videresendes til mikrokontrolleren.

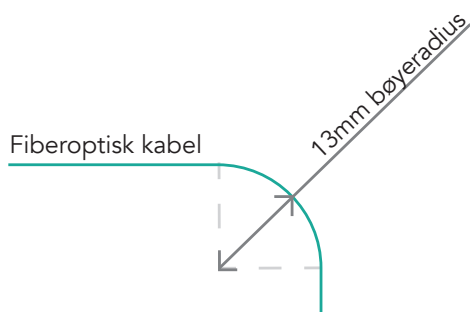


Styringskort

Styringskort for SLED og TEC. Dette kortet fordeler strøm og er en viktig "koordinator" i samarbeidet mellom SLED og mikrokontrolleren. SLED-en kan være montert direkte på dette kortet.

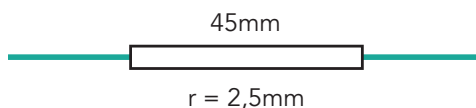
Kjøling

SLED-en utvikler en del varme og må være koblet til en kjøleribbe som sørger for at varmen fordeles ut i omgivelsene eller kjøles på annet vis. Det er testet med en kjøleribbe på størrelsen beskrevet over, men det kan være potensiale for å gjøre denne mindre eller bruke varmeledende deler av casing eller festemekanisme.



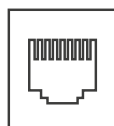
Fiberoptisk kabel

Den fiberoptiske kabelen på innsiden er følsom for bøyning. Man bør sørge for minst mulig bøy på kabelen og for enkel montering.

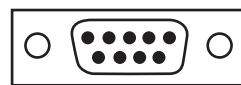


Skjøtekontakt (FS)

Fiberskjøtekontakten kobler sammen fiberen fra ulike komponenter. Den er 4,5 cm lang og 2,5 mm tykk.



RJ45



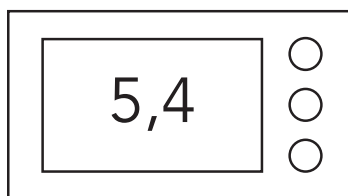
RS232

Fiberkontakt

Fiberkontaktene er følsomme for støv og skitt, og dersom overflaten på glassflatene som møter hverandre blir kontaminert eller skadet må kabel og kontakt renses eller byttes. Det finnes mange relevante standardiserte fiberkontakter brukt i telekommunikasjon.

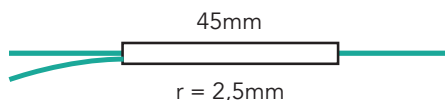
Kommunikasjon

Kommunikasjon på sykehusenes interne nett, samt kommunikasjon med andre enheter krever egne tilkoblinger. HL7-standarden for kommunikasjon på internettet bruker en vanlig ethernet-kabel for kommunikasjon. Phillips har egne standardkontakter for sine monitorer, vi fant først ut av størrelsen på denne kontakten sent i prosessen.



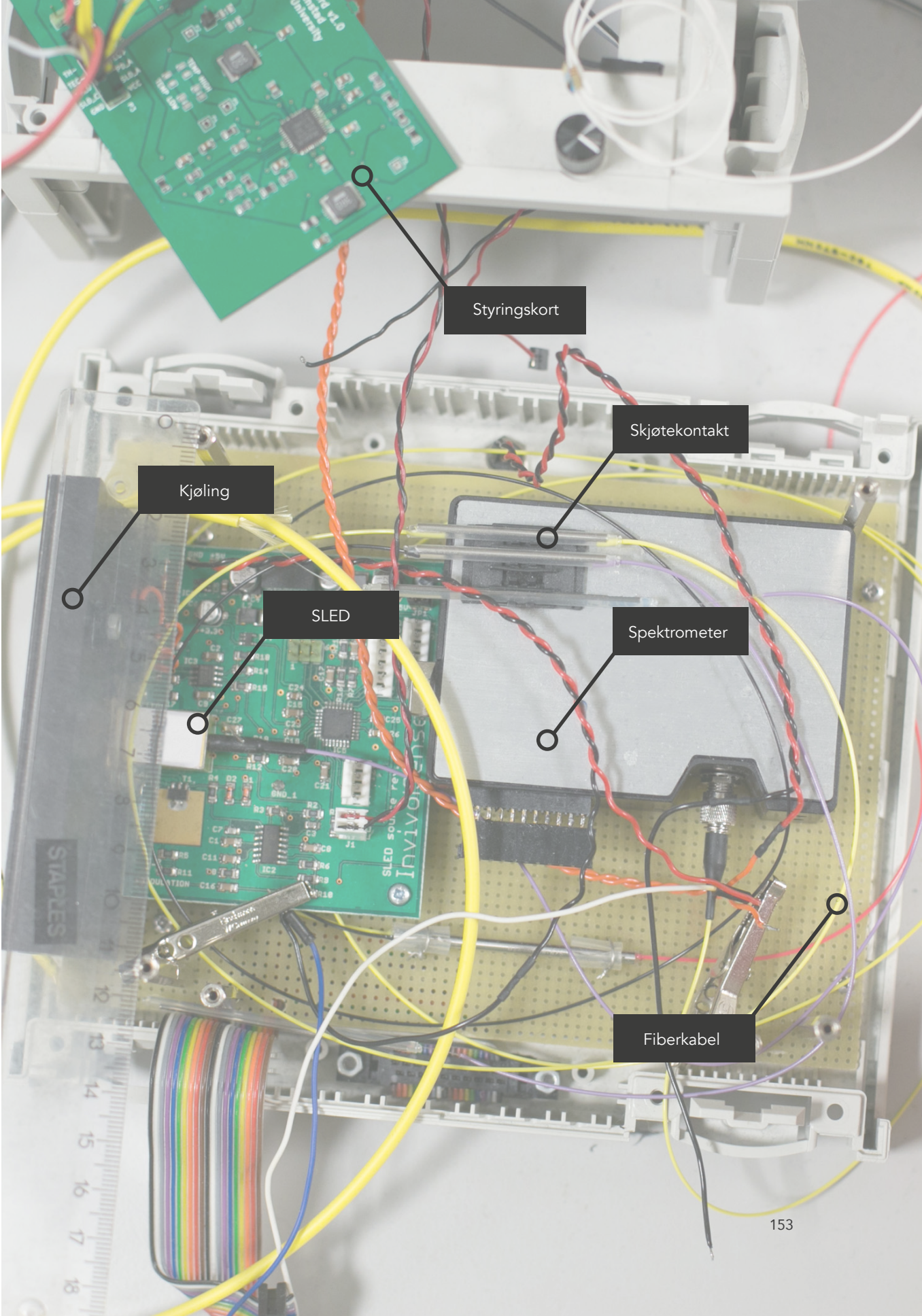
Display / interface

Å finne et godt grensesnitt for kommunikasjon med brukeren er en viktig del av oppgaven.



Splitter

Splitteren sørger både for at SLED kan sende signal og at spektrometeret kan motta signal på samme fiberoptiske kabel fram til pasienten.



Styringskort

Skjøtekontakt

Kjøling

SLED

Spektrometer

Fiberkabel

FIBERTEKNOLOGI

Fiberkablene består av en tynn lysførende glassfiber, innkapslet i flere andre lag som beskytter fiberen mot omgivelsene. Der to kontakter møtes er det ofte en adapter imellom som sørger for at de to fiberendene treffer hverandre best mulig slik at lyset passerer overgangen med minst mulig tap av lys.

Bruker kan påvirke signalstyrke

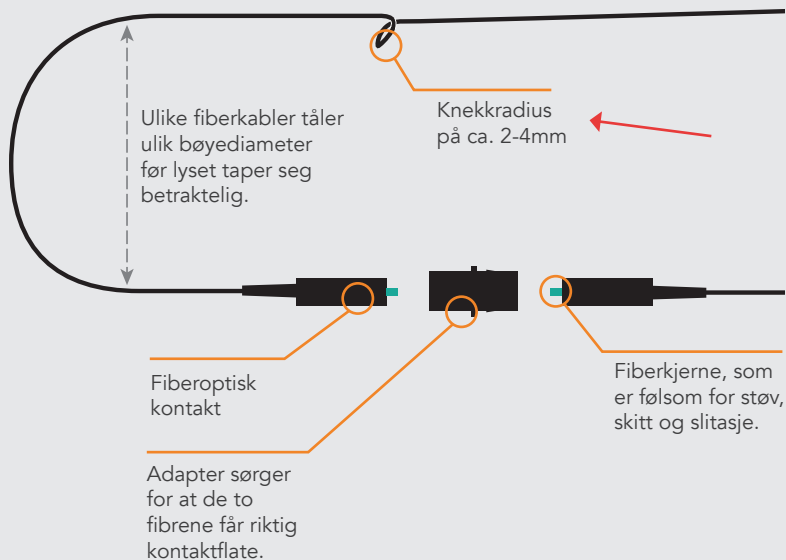
Fiberoptisk utstyr er mer følsomt enn vanlige kobberkabler. Det er flere kritiske punkter der brukeren er i kontakt med produktet som er viktige for at GlucoSets sensor skal fungere optimalt. Brukerens påvirkning av kabler og kontakter kan påvirke styrken på signalet. Dersom signalet blir tilstrekkelig svak, kan det igjen påvirke

målt bølgelengde fra sensor, som påvirker blodsukker verdien. Det er kritisk at dette fungerer optimalt. Forslag til hvordan dette kan løses er behandlet mer på de neste sidene.

Kontakter

Fiberkontaktene er avhengig av å ha en fiberflate som ligger best mulig mot hverandre. Kontaktene er følsomme for støv og andre urenheter, og kontaktflaten bør ligge mest mulig beskyttet når den ikke er tilkoblet. Slitasje påvirker også mengden lys som passerer. Grunnet dette tror vi det kan være lurt å ha en fiberkontakt ved sensor og en ved apparatet. Da trenger sykepleierne kun bytte kabelen mellom apparatet og sensoren ved slitasje på brukskontakten

KARAKTERISTIKKER VED FIBEROPTISKE KABLER OG KONTAKTER



som kobles av og på engangssensoren. Ved å gjøre det slik har også sykepleierne mulighet til å bytte kablet dersom den blir utsatt for større kontamineringer eller brudd på fiberen.

Kabelstyrke

Ulike kabeltyper tåler ulike bøyning av fiberen. Dersom fiberen bøyes for mye brytes lyset ut i hetta rundt. Da forsvinner signalet, men med en gang kablet rettes ut kommer signalet tilbake. Dersom bøyningen er så stor at fiberen knekker, er kablet ubrukelig og må byttes. Kablet kan også ødelegges gjennom strekk eller torsjon. Mindre påkjenninger over tid kan også føre til slitasje som senker styrken på signalet. Fiberens motstandsdyktighet

mot torsjon, strekk og bøyning avgjøres av materialene rundt fiberen.

Rengjøring

Kablet må tåle sterke rengjørings- og desinfiseringsmidler. Det må være enkelt å rengjøre, spesielt delen nærme pasienten. Kontakten nærme pasienten må kunne rengjøres uten at fiberkontaktflaten ødelegges.

Hudvennlig

Kabel og kontakter må være laget i et hudvennlig materiale, siden det ofte teipes fast i pasienten og blir liggende i flere dager.

HVA KAN MÅLES?

Man kan alltid legge til ekstra sensorer og kontakter for å måle flere ting. Vi mener det bør være et mål å gjøre systemet så enkelt og pålitelig som mulig. Vi sjekket mulighetene for hva instrumentet kan og ikke kan skille ved hjelp av lys i den fiberoptiske kabelen, sammen med teknisk ansvarlig i GlucoSet.

Idéer og informasjon i disse avsnittene er tatt ut av oppgaven av hensyn til patenterbarhet.

Konklusjon

Apparatet kan måle flere sentrale faktorer ved hjelp av fiberkabelen som allerede benyttes. Denne informasjonen kan ha mye å si for bruken av instrumentet. Ved å utarbeide gode algoritmer basert på denne informasjonen kan instrumentet gi feilmeldinger som senker risikoen knyttet til instrumentet betraktelig.

RISIKO MÅLEKABEL

Pasientene snus mye på i sengen. Vi bør ta høyde for hvordan pasientens bevegelser kan påvirke bruk. Gjennom å se på de ulike fareelementene, så vi at de utgjør en lav risiko, men kan ha mer å si for opplevelsen av produktet.

Lyssignalet brytes

Dersom kabelen får for stor bøy eller knekk brytes signalet. Skjer dette må brukeren få en feilmelding, men det er vanskelig for både apparatet og brukeren å vite om signaltapet skyldes kabel, kontakt eller defekt sensor. Her må det lages gode feilmeldinger som gjør feilsøkningsprosessen enklest mulig for brukeren. I tillegg kan man gjennom valg av kontakter og målekabel sørge for å minimere sannsynligheten for feil i dette leddet og redusere antallet feilmeldinger sykepleieren får.

Hygiene

Fiberkabelen ligger nærme pasienten, og kan utgjøre en smitterisiko. For å unngå dette må den være laget i et materiale som er lett å rengjøre eller desinfisere, eller den må kastes mellom hver bruk. Dersom den skal være beregnet for flergangsbruk kan det være lurt om den kan byttes ved større kontamineringer.

Snuble i kabel

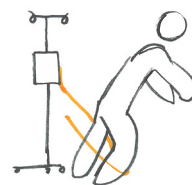
At noen snubler i målekabelen kan utgjøre en fare for pasienten. Arteriekateteret engangssensoren er festet til er godt teipet fast i pasienten og ofte sydd fast i tillegg. Ifølge sykepleiere utgjorde ikke GlucoSet sitt instrument en vesentlig større fare enn andre slanger festet til dette kateteret, og arteriekateteret tåler en del medfart.



Vaske og flytte pasient



Fysioterapeut



Snuble i ledning



TELEUTSTYR

Dersom GlucoSet ønsker å komme fort til markedet og holde prisen per sensorenhet lav er det lurt å se på standarddeler. Den bransjen som det er mest relevant å se til er telekommunikasjonsbransjen, som har brukt fiberteknologi lenge og har masseproduserte standardkontakter og kabler. Vi har utforsket om vi det går å bruke målekabler og kontakter fra denne bransjen, eller om det må designes en egen løsning.

Telekommunikasjonsbransjen har mye spesialutstyr som i utgangspunktet er beregnet for serverrom og lignende, så det er viktig å evaluere hvor brukbart utstyret kan være i sykehuskontekst. "Fiber to the home"-trenden, at flere skal ha fibernett hjem, har gjort at kabler og kontakter har blitt mer tilrettelagt for hjemmebruk. Dette har ført til at prisene på spesialutstyr har blitt lavere.

I arbeidet med å kartlegge og teste de ulike komponentene har det vært nyttig å prate med de som selger og utvikler utstyr for telebransjen. De har lang erfaring med hvordan teknologien fungerer og ser fort potensielle utfordringer. Besøk hos Fiberoptiske Systemsalg AS (FOSS AS), gav nyttig input til prosjektet og hands-on erfaring med ulike kontakter, adaptere og fiberkabler.

FIBEROPTIKK

Et besøk hos en fiberoptikkgrossist gav innsikt i hvilke kabler og kontakter som kan være aktuelle for GlucoSet.

FIBERKONTAKTER

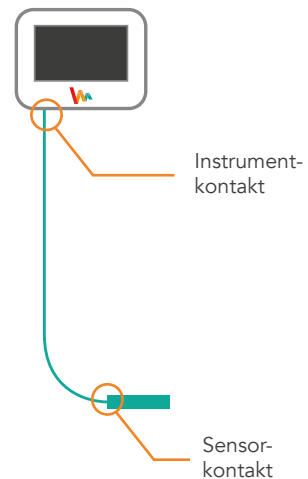
Det vil være litt ulike krav til kontakten ved engangssensoren og ved apparatet:

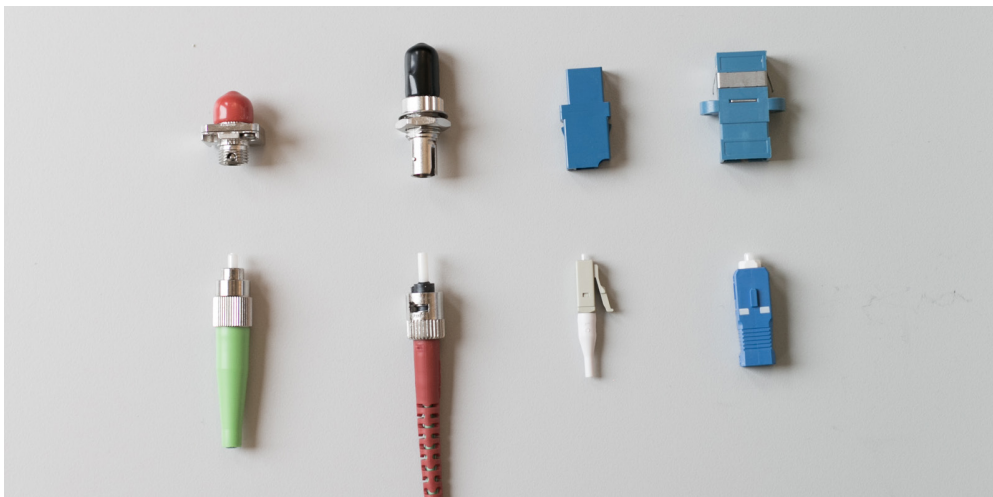
Instrumentkontakt

Ved valg av kontakt på apparatet er det viktig at kontakt og adapter er robuste og har lang levetid. Utstyr for sykehus har ofte lang brukstid som krever at man tilbyr robuste løsninger. Dersom kontakten ved apparatet ryker, så kreves det en større service for å bytte denne. Siden GlucoSet sentrerer forretningsplanen sin rundt å tjene penger på engangssensorer, vil det være lurt å lage et apparat med høyest mulig oppetid også på lang sikt.

Sensorkontakt

Engangssensoren bør helst produseres med så lave kostnader som mulig. Engangssensoren vil bli sterilisert ved hjelp av E-beam sterilisering. Grunnet dette bør kontakten ved sensoren ha lavest mulig materialtetthet. Vi skal ikke designe engangssensoren, men disse kravene vil være viktig med tanke på valg av kontakt mellom sensor og målekabel. Dette temaet er mer behandlet på neste side.





SENSORKONTAKT

Vi prøvde å ta utgangspunkt i standardkomponenter for fiberkontakten til apparatet. Figuren til høyre viser ulike prinsipielle måter å ta helt eller delvis utgangspunkt i eksisterende kontakter.

Støv på kontakt

Støv og slitasje på kontaktflatene til fibrene er et problem som vil gjøre at signalkvaliteten vil tape seg ved bruk av kontaktene. Overflaten til fiberen på målekabelen koblet til engangsenheten bør være beskyttet når den ikke er tilkoblet. Kontakten ved sensorenheten er utsatt for støv over en kort periode når den potensielt kobles fra under transport. Det kan medføre at den sliter på kontakten til målekabelen ved ny tilkobling.

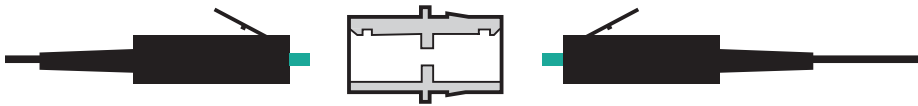
Strategisk valg

Om man velger en spesialutviklet- eller standardkomponent til sensorkontakten handler om mer enn å senke utviklingskostnader. Fordelen med å lage en fullt spesialdesignet løsning

er at det blir vanskeligere for andre å kopiere engangssensoren og koble den til GlucoSets apparat. GlucoSet har allerede patenter knyttet til engangssensoren, og man bør kunne anse å kopiere denne som svært vanskelig. I prinsippet bør det være det samme for bedriften om andre lager et helt likt apparat for så å bruke GlucoSets engangssensor da det er denne bedrifter baserer forretningsmodellen på. Problemet kan potensielt være markeder der GlucoSet ikke har gyldige patenter på sensortechnologien.

Konklusjon

Klarer man å basere løsningen på standardkomponenter og ivareta kravene til brukbarhet, beskyttelse av kontakt og hygiene kan det være lurt med tanke på utviklingskostnad, men i det lange løp vil en egen kontakt kunne tilpasses kravene til bruk på en bedre måte. Temaet er behandlet mer i prosesskapitlet under "Test av standardkontakter".



Kun standardkomponenter

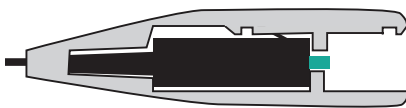
Bruke adapter uten noen ekstra tilpasning. Kan benyttes under tidlig testing av GlucoSet, men er ikke et alternativ for bruk på sykehus.

Styrker

Billig
Enkel

Svakheter

Hygiene!
Brukervennlighet
Estetikk



Custom adapter-kontakt

Benytter originalkontakter, men lager kun adapteret manuelt.

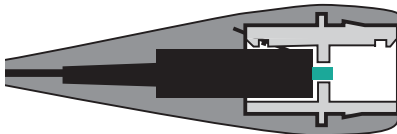


Styrker

Robust.
Mer frihet i utforming

Svakheter

Delelinje potensielt utsatt for søl.



Lage hus til kontakt og adapter

Basere løsningen på en silikondel som kan trekkes rundt kontakt og adapter en snap fit mekanisme som festes rundt eksisterende adapter på samme måte.



Styrker

Mer frihet i utforming.
Kortere utviklingstid.
Robust.

Svakheter

Mye manuelt arbeid.
Størrelse?
Evt. delelinje utsatt for søl.



Custom chassiskontakt

Lage en egen chassiskontakt fra bunn av, eller delvis basert på komponentene i en eksisterende fiberkontakt.



Styrker

Robust.
Frihet i utforming.
Hygiene.

Svakheter

Dyrere.
Høyere utviklingskost.

KABELTYPE

Det er et stort spekter av fiberkabler å velge i, i tillegg til at man kan bestille spesiallagde varianter. Her trekker vi fram tre eksisterende kabler for å få fram mangfoldet. Styrker og svakheter med ulik tykkelse og kvalitet.



“Skjør og tynn”

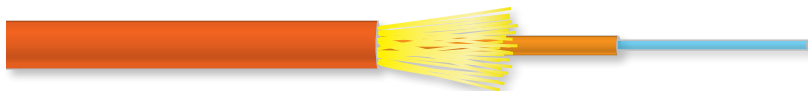
Meget skjør fiber beregnet for beskyttet område. Bøylediameter på 13mm før signal brytes.

Styrker

Lett
Fleksibel
Plassbesparende
Billig

Svakheter

Floker seg lett
Skjør
Knekker lett



“Medium fiberkabel”

En mer robust kabel beregnet for serverrom, brukt mye av installatører. Bøylediameter på 50mm før signal brytes. 150 N strekkstyrke (ca. 15 kg)

Styrker

Relativt billig
Relativt lett
Passe stiv: Grei å kveile, lett å manøvrere

Svakheter

Signal kan brytes ved bøy større enn 50mm
Kan knekke, men skal litt til



“Robust og tykk”

De mest ekstreme av disse er brukt i offshore, og de tåler alt man gjør ved en intensivavdeling og mer til.

Styrker

Robust

Svakheter

Tung
Dyrere
Veldig stiv og vanskelig å kveile praktisk

VALG AV KABEL

Hva er den optimale kabelen?

Fra intervjuer med, og skygging av intensivsykepleiere fant vi ut at de ønsket seg færrest mulig kabler. Kablene bør være minst mulig i veien og de bør være lette å håndtere. Den optimale kabelen bør tåle å bli tråkket på av en uforsiktig pårørende uten at signalet brytes. Den bør også tåle bøyningene ved pasientens arm. Det ble klart for oss at kriteriene for valg av kabel kom til å bli en trade-off mellom robushet og fleksibilitet.

Selv om det beste ville være å teste ulike kabler i et reelt brukerscenario, fikk vi ikke gjort dette på grunn av begrensningene prosjektet. Som figuren til venstre viser får man mange ulike fiberkabler med ulik styrke.

Slitte fiberkontakter

Som nevnt tidligere i dette kapittelet kan det være lurt å ikke bytte ledningen fra apparatet til sensoren for ofte. Dersom man for eksempel bytter sensor over hundre ganger og kun bytter målesnoren en gang i løpet av denne tiden, vil kontakten koblet til apparatet få veldig liten slitasje i forhold til kontakten koblet til engangssensoren.

Miljø

Det kastes allerede store mengder engangsutstyr ved intensivavdelingene. Ved å lage en kabel som kan brukes flere ganger, kan man redusere mengden engangsutstyr som kastes. Da blir det kun engangssensoren som må kastes per bruk. Det er et problem ved en del sykehus at utstyr som skal brukes mange ganger blir kastet unødig, derfor kan det være viktig at det kommer tydelig fram at kabelen skal brukes flere ganger.

En målekabel som sjelden må skiftes sørger også for at levetiden på kontakten på apparatet blir lengre. På denne måten kan man minimere behovet for service eller utbytting.

Standardkomponenter

Om man velger en standardkabel eller skreddersydd kabel har mye å si for prisen på produktet. Dersom bedriften kan benytte standardkabler og komponenter fra telekommunikasjonsbransjen har de best mulighet til å holde utviklingskostnadene lave og komme fort ut i markedet.

Forretningsmodell

Hvor ofte man legger opp til at kabelen må byttes kan også påvirke hvordan GlucoSet tjener penger. Dersom man for eksempel velger å ta i bruk standardkomponenter til kabelen, så kan det potensielt ta kort tid før andre selskap kan selge en billigere versjon. Dersom GlucoSet velger å ta betalt per tid apparatet er i bruk, så vil det være viktig å senke de matrielle utgiftene mest mulig.

Hvordan de føles

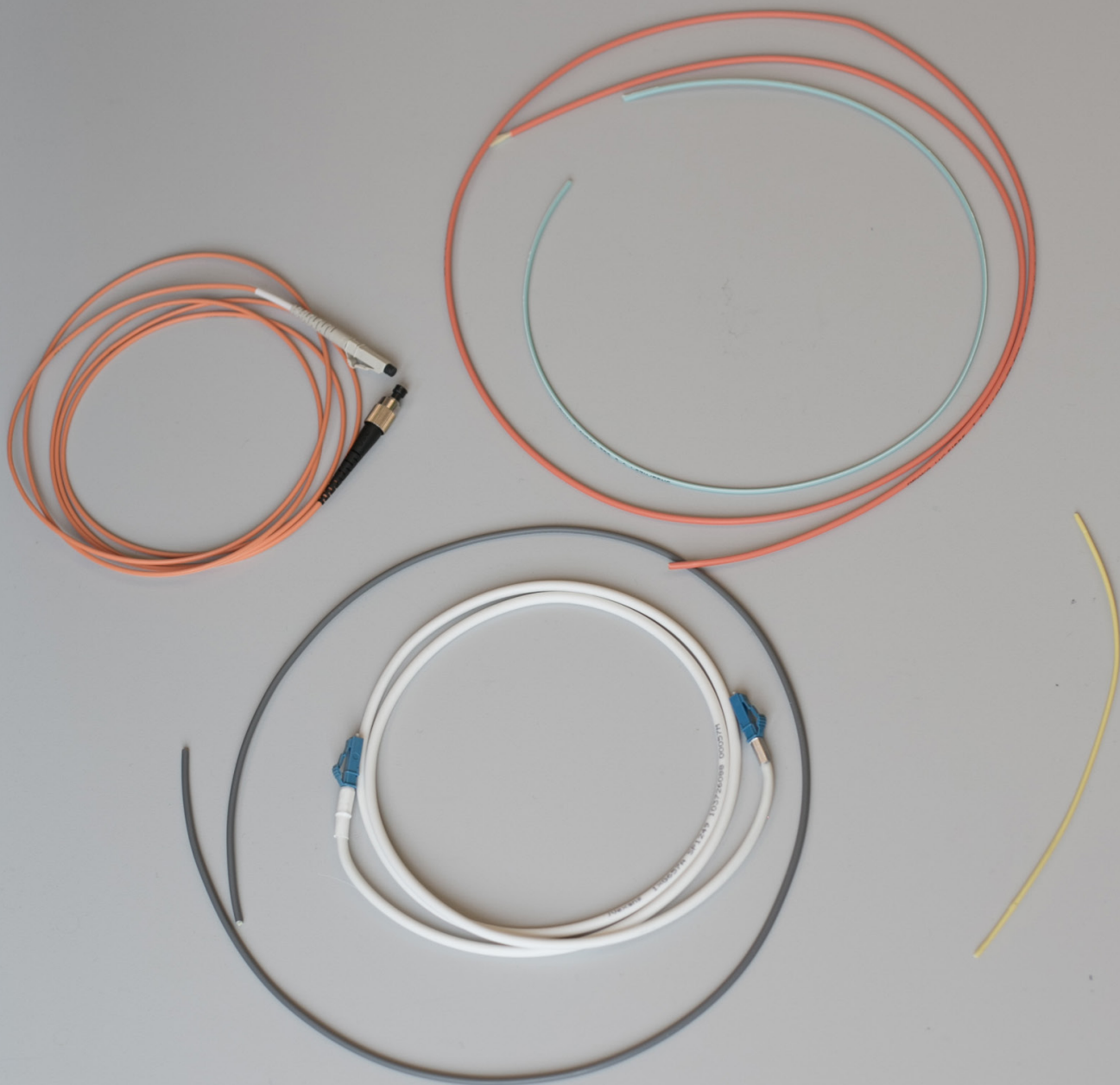
Gjennom besøk hos bedriften Fiber Optiske Systemsalg AS (FOSS), fikk vi sett nærmere på ulike fiberkabler og hørt deres erfaring med dem. "Medium fiberkabel" omtalt på forrige side var mye brukt ut mot sluttkunde og var relativt robust. De tynneste enkleste kablene floket seg lett og var mer skjøre. I andre enden av skalaen finnes kabler som er svært robuste, men føltes veldig stive og tunge å håndtere. Ut fra enkel styrke- og bøyetesting så vi at en "Medium fiberkabel" var et godt alternativ. Denne var styrket med kevlar og tålte store strekkpåkjenninger, men var mer utsatt for bøyning og brudd på lysstrålen enn de tykkere kablene.

Konklusjon

Utifra miljøhensyn og fiberteknologien tilgjengelig virker det mest logisk å velge en fiberkabel som kan brukes flere ganger, men som det er mulig å bytte ved slitasje. Kabel og kontakt må testes nærmere med tanke på robusthet og hvor lett de er å rengjøre, men en "medium fiberkabel" eller sterkere bør holde. Vi vil anbefale bedriften å teste dette videre i neste fase av produktutviklingen.

KABELTESTING I→

På et utvalg kabler testet vi styrke, der vi strakk kabelen til den røk. Vi så også på hvor følsom den var for bøyning ved å bøye den til knekkpunktet .



STRØMFORSYNING

Vi stod ovenfor et fundamentalt valg når det gjaldt strømforsyning. Om den skulle plasseres eksternt eller integreres i innkapslingen til instrumentet. Det finnes fordeler og uemper ved begge alternativene.

INTERN STRØMFORSYNING

Standardkabel

Man er ikke avhengig av en spesiell adapter for å få enheten til å fungere, men kan benytte standard strømkabler på tvers av utstyr. Man slipper også ekstra bokser ved strømuttaket.

Lavere pris per enhet

En intern strømforsyning vil ha lavere pris per enhet, enn å benytte en ferdig godkjent ekstern strømforsyning.

Flere regulatoriske krav

Det stilles mye strengere regulatoriske krav til et apparat med høye spenninger, enn et med lave spenninger. Dette vil resultere i lengre utviklingstid.

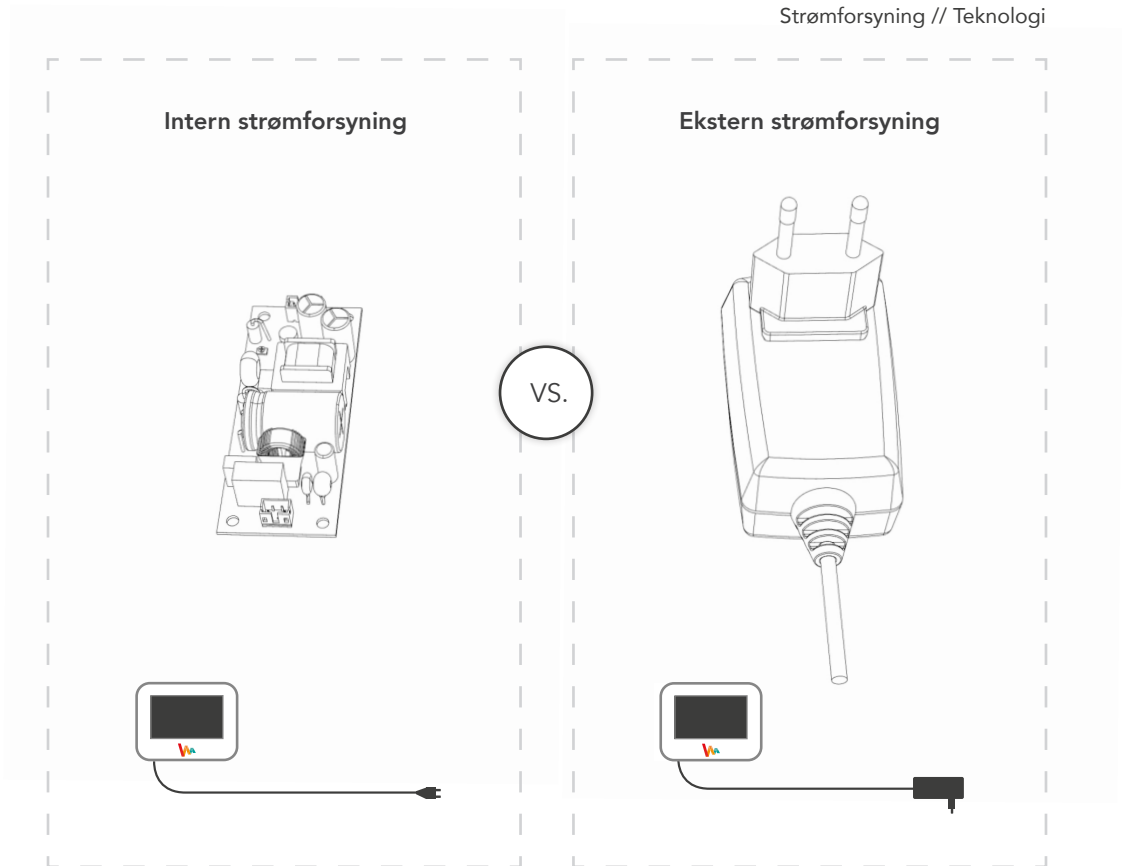
Instrumentet blir større

En intern strømforsyning vil i tillegg kreve mer skjerming og plass i selve enheten. Plassen nærmest pasienten er mest kritisk for sykepleierne, så det å begrense plassbruken her er viktig.

EKSTERN STRØMFORSYNING

Mindre instrument

Plassen på IV-stativet nær pasienten er den mest kritiske plassen. Ved å ta strømforsyningen ut av instrumentet vil man kunne begrense bruken av denne plassen.



Strømforsyningen vil ikke bare kreve den fysiske størrelsen av strømforsyningen, men også avgi varme og elektromagnetisk stråling. Noen av de andre komponentene er følsomme for varme, derfor vil en intern strømforsyning være lurt å holde adskilt.

Kortere utviklingsløp

En ekstern strømforsyning vil være noe dyrere, men vil gi bedriften et mye kortere utviklingsløp og potensielt færre runder med regulatoriske myndigheter.

Plassering av ekstern strømforsyning

Fra våre undersøkelser så vi at det stedet som egnet seg best for plassering var ved støpselet. Samtale med sykepleiere viste at det var veldig upraktisk å plassere strømforsyningen noe annet sted på

ledningen mellom kontakten og apparatet. Å plassere strømforsyningen ved støpselet kan være upraktisk dersom det er lite plass der, men det så ikke ut til å være et problem ved sykehusene vi besøkte. Intensivavdelinger kan variere mye i utseende og oppsett, så det kan potensielt være et større problem ved andre sykehus.

Konklusjon

Når man sammenligner de to alternativene så scorer en ekstern strømforsyning høyest med tanke på utvikling for GlucoSet, samtidig som den ser ut til å være det beste alternativet for brukeren.

STRØMFORBRUK

Siden størrelsen på instrumentet er en viktig faktor på intensivavdelingene har vi sett på strømforbruket for de ulike komponentene, for å kunne gjøre en grov sammenligning av funksjonsnytte mot strømforbruk. Dersom man velger å ha batterier i enheten, vil strømforbruket påvirke størrelsesbehovet til batteriene.

Strømverstingene

Spektrometeret, skjerm og prosessoren er de delene som trekker mest strøm for instrumentet. Optimalisering av algoritmen for måling av blodsukker kan senke det for øyeblikket store kravet til prosessoren. En mindre og enklere skjerm kan potensielt trekke ned strømforbruket, men vil samtidig gjøre enheten betraktelig mindre.

Batterikapasitet

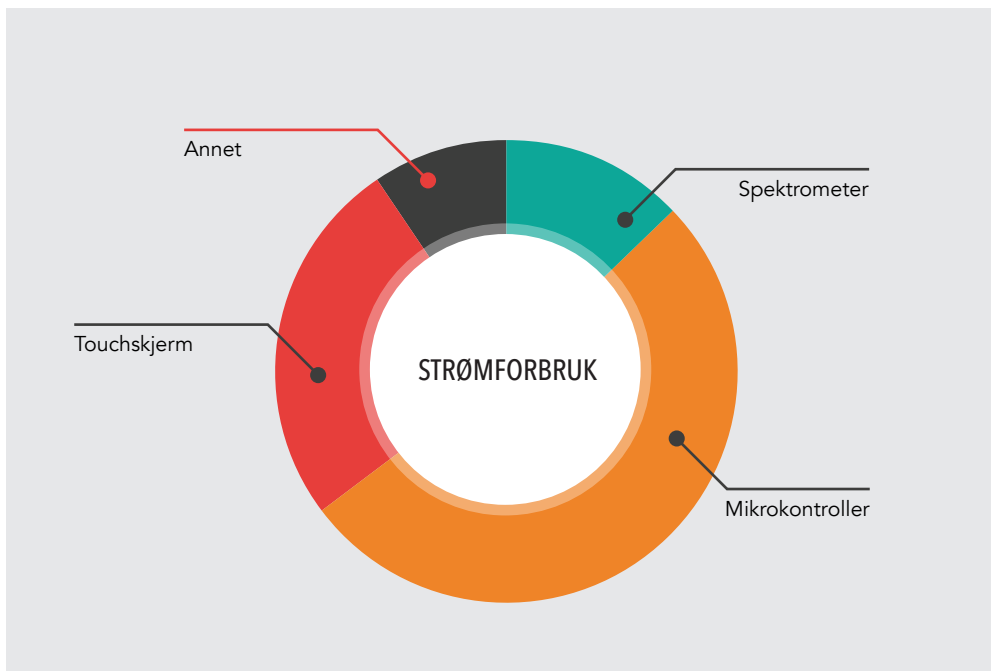
Ved hjelp av grove overslag og verktøy for å vurdere strømbehovet kom vi fram til at man vil trenge en batterikapasitet på over 6Ah for å drive enheten i tre timer (Logic PD, 2015). Med økt strømforbruk øker også varmen batteriene genererer i bruk.

Valg av strømforsyning

Valget av strømforsyning vil påvirke hvor fort man kan lade batteriene opp igjen. Man ønsker å lade batteriene opp fort så de er klare for å brukes igjen fort. Samtidig så lønner det seg for batteriets levetid at de lades opp over lengre tid, for å unngå for mye varmegenerering og for å forlenge batterilevetiden. Velger man en strømforsyning som leverer 15W vil man bruke i overkant av en time på å lade batteriet opp igjen.

HVATREKKER MEST? ⇨

Mikrokontrollen er strømverstingen. Ved å optimalisere algoritmen kan det hende man kan kutte en del i dette strømforbruket.



Strømforbruk per komponent

Oversikt over hovedkomponentene som trekker strøm.

Komponent	Spenning	Strømforbruk(snitt)*
Spektrometer	5 V	250 mA
SLED	1,8 V	100 mA
Mikrokontroller	3,3 V*	1000 mA**
Display	3,3 V	500 mA
Smart system***	3,3 V*	80 mA
Totalt	-	≈ 2000 mA

* antakelse gjort i samarbeid med teknisk rådgiver for GlucoSet.

** Antakelse basert på at det lages et tilpasset mikrokontrolleroppsett.

***"Ringer hjem" to ganger i døgnet, strømforbruket vil stige drastisk(2000mW) i en kort priode, men ellers ligge veldig lavt.

MOBIL

Tar man utgangspunkt i at det blir strengere regulering av blodsukker i fremtiden vil det bli mer fokus på å ha kontroll på blodsukkeret mens pasienten for eksempel trilles på en CT-scan. For enkelte utsatte pasientgrupper ser sykepleierne behov for dette allerede idag .

Ett instrument per rom

Fra besøkene våre på St. Olavs så vi at instrumenter som medisinpumper, pasientmonitører og lignende var like fra rom til rom. Vi tror det kan være gunstig for GlucoSet å selge instrumentet til en lavere pris, for å være med å stimulere intensivavdelingene til å kjøpe inn et instrument per rom, i stedet for et mindre antall som flyttes rundt på avdelingen etter behov. Da vil terskelen for å bruke instrumentet være lavere.

Transport idag

Under transport av pasienter kobler sykepleierne alt unødvendig utstyr fra. Det betyr at fiberkontakten ved engangsenheten til GlucoSet ikke vil være tilkoblet under transport, og kan bli støvete, som fører til at man sliter hurtigere på kontakten ved målekabelen. Med denne praksisen er det ikke behov for batteri under transport.

Utstyr følger pasienten

En trend ved medisinsk utstyr er at utstyret følger pasienten gjennom de ulike delene av behandlingen. Dersom en kritisk syk pasient opereres for så å sendes på intensivsen, kan man tenke seg at GlucoSets apparat allerede blir benyttet på operasjonsstuen, for så å følge pasienten videre til intensivavdelingen. Da vil pasientens blodsukkerhistorie kunne følge han hele veien uavhengig av om sykehuset har et digitalt journalsystem eller ikke.

Fremtidige muligheter

Vi så på sykehuset at en del utstyr som var tiltenkt for en type bruk ofte ble brukt flere steder. For eksempel kan enkelte pasientgrupper ved post-operativ avdeling dra nytte av kontinuerlig måling av blodsukker, og ha større behov for at løsningen er mobil.

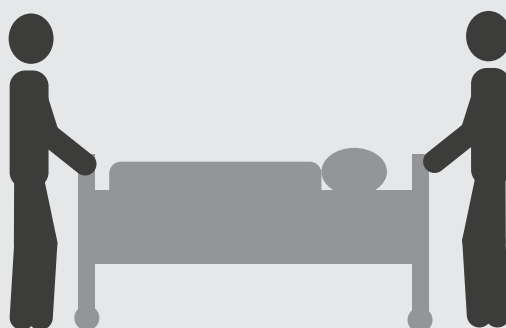
Konklusjon

GlucoSet bør inkludere oppladbare batterier i løsningen. Sett i lys av hvordan det vil bli brukt med dagens syn på blodsukker vil behovet være lite, men med strengere regulering av blodsukker vil blodsukker bli en viktigere parameter.

TRILLING AV PASIENT

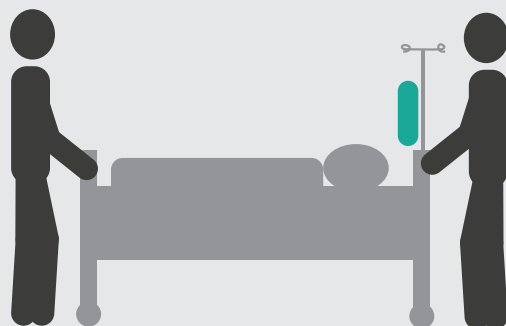
UTEN APPARAT

Trilling av pasient uten instrument vil føre til at den frakoblede sensorkontakten vil være mer utsatt for støv og kontamineringer, som igjen kan slite fortere på kontakten på målekabelen.



MED APPARAT

Dersom GlucoSets instrument er med under transport forventes det en batterikapasitet tilsvarende det pasientmonitoren har.



VALG AV BATTERI

Litium-ion teknologi er mest relevant. Batteriene krever ikke utladningscykluser og har høy energitetthet, som er viktig med tanke på plasseffektivitet. Den teoretiske batterikapasiteten som er nødvendig for å gi en batterilevetid på over en time er 4 Wh, med en spenning på 7,2V. Batteriene leverer i praksis mindre enn den teoretiske kapasiteten og de taper seg ofte en del over tid, særlig når de står mye koblet til strømmettet som vil være tilfellet for GlucoSets instrument. Derfor må man beregne en del mer enn den teoretiske kapasiteten.

Standardbatterier

Siden engangsenheten til GlucoSet vil være i sentrum for forretningsmodellen, bør instrumentet ha høy oppetid og kreve minst mulig vedlikeholdsarbeid. Sett i lys av dette er det lurt å benytte standardiserte batterier. Batteriene på høyre side er relevante eksempler på oppladbare

litium-ionebatterier, som kan kjøpes ferdig godkjent for medisinsk bruk.

Batterikapasitet

Dersom man først har batterier bør det være nok til at pasienten kan bli trillet til og fra CT-scan eller flyttes mellom kirurgisk avdeling og intensivavdelingen. I tillegg bør batterilevetiden ta høyde for at det kan bli venting på veien. Den mobile pasientmonitoren har en batterilevetid på ca. tre timer, så batterilevetiden trenger ikke være lengre enn dette. Ved enkle overslag er batterikapasiteten beregnet til å være på rundt 6,5Ah.

Konklusjon

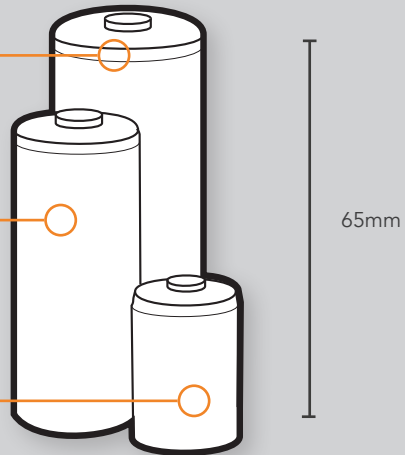
Batterikapasiteten bør være på tre timer. Pris og størrelse øker med kapasitet, så det kan være lurt å begrense kapasiteten, siden batteriene også utgjør en repetitiv utgiftspost for sykehusene. Forslag på batterier er vist på høyre side.

MYE BRUKTE LITIUM-ION STANDBATTERIER

"18650"
2200-3400mAh
Batterilevetid: 1-1,5 timer

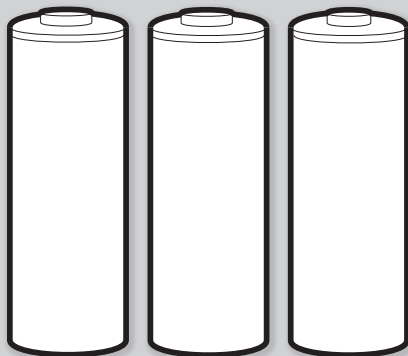
"17500"
1100mAh
Batterilevetid: 0,5 time

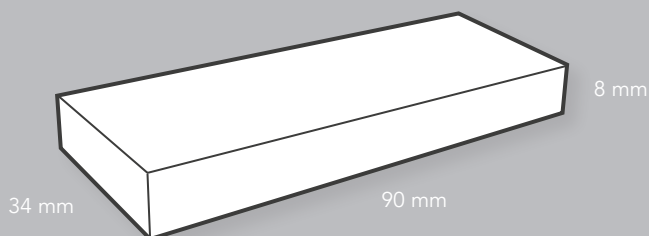
"14250"
300mAh
Batterilevetid: 0,15 time



MULIG OPPSETT

Ca. 3-4,5 timer batterilevetid
"18650": 3,6V, 6600-10200mAh





SMART-SYSTEM

Flere utviklere av utstyr for medisinsk sektor tilbyr en muligheten til å sende informasjon fra enheten til sykehus, leverandører eller produsent. Ved å installere en modul, ofte med simkort, kan enheten sende ulik data til produsenten. Vi har utforsket mulighetene knyttet til denne funksjonaliteten i prosesskapitlet for de ulike interessentene og brukerne, men her er noen av mulighetene og svakhetene sett fra et teknisk perspektiv.

Styrker

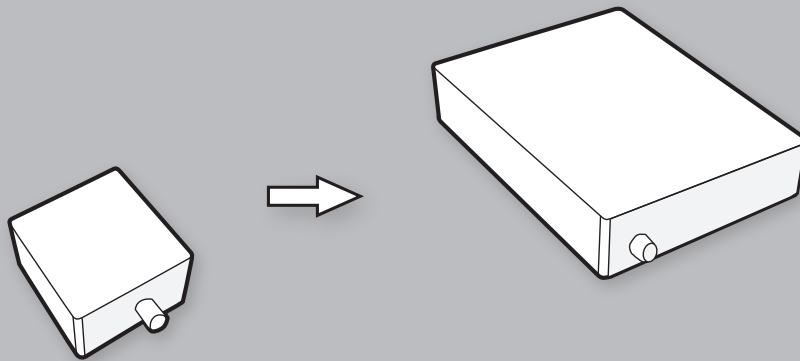
- Fjernstyring av oppdatering, innstillinger og skru instrumentet av og på.
- Fjernservice.
- Monitorere batteri, strømforbruk, antall hypoglykemiske tilfeller, antall brukte engangssensorer og tid i bruk.
- Få annen brukerdata fra produkt: grenser, innstillinger osv.
- Spore instrument.

Svakheter

- Noe økt strømforbruk
- Økt plassbehov
- Flere regulatoriske krav, grunnet sendere.
- Ved metall casing kreves ekstra antenne.

SMART-SYSTEM KOMPONENT

Figuren viser størrelsen til Minnetronix (2015) sin Cognita Connects smart-system komponent.



UNDER UTVIKLING

I løpet av prosjektet endret en del sentrale komponenter seg mye. En av komponentene som endret seg mest var spektrometeret. Dette er en komponent som er essensiell for at instrumentet skal fungere, og der en tidlig antakelse viste seg å være feil. Dette medførte at noen retninger og muligheter vi skisserte tidlig måtte kasseres fordi enheten hadde vokst betraktelig.

Fordelen med å være med tidlig i prosessen var at vi kunne ha stor påvirkningskraft på hvilke komponenter og funksjoner som var nødvendige fra brukerens ståsted, samt vurdere de strategiske elementene knyttet til de ulike valgene. Vi så tidlig at plassmangelen på intensivavdelinger var en viktig faktor som det var viktig å prioritere funksjoner og komponenter mot. Samtidig medførte dette at vi var avhengig av å selv ta initiativ for å finne den nødvendige informasjonen for å designe et realistisk løsningsforslag. Det krevde det at vi satte oss inn i en ikke helt "ferdig tygget" teknologi.

KOMPONENTENE VOKSER

Figuren viser hvordan spektrometeret, en sentral komponent, endret seg i løpet av prosjektet.



PROSESS

Hvordan vi har jobbet
Viktige valg vi har tatt underveis



FORSTÅ, SKAPE, LÆRE

Dette kapittelet tar for seg hvordan vi har jobbet og viktige valg vi har tatt underveis i prosessen. Her presenteres problemstillinger som har vært spesielt avgjørende for designet. Vi har trukket frem aktiviteter, metoder og prosesser som har vært sentrale i arbeidet vårt. I de foregående kapitlene har vi diskutert problemstillinger mer objektivt og overordnet, mens i dette kapittelet tas det i større grad beslutninger relatert til GlucoSets produkt.

Selv om designprosessen kan fremstå som relativt lineær i måten kapittelet er bygget opp på, har vi i realiteten jobbet mer dynamisk og vekslet mellom å gå i detaljer og å se på GlucoSet som en del av et større system. Prosessen har også bestått av en del sekundær research og telefonintervjuer, som vi ikke har valgt å inkludere av hensyn til tid og plass i rapporten.

SKYGGING PÅ ST. OLAVS

Kastet inn i det

Noe av det aller første vi gjorde i innsiktsfasen var å ta kontakt med St. Olavs Hospital. De var svært samarbeidsvillige og lot oss være med på tre fulle vakter på intensivavdelingen der vi fikk følge sykepleierne rundt, stille spørsmål og observere. I løpet av to dagvakter og én kveldsvakt fikk vi være med to ulike sykepleiere og tre ulike pasienter med svært ulike diagnoser. Selv om vi på forhånd hadde hatt vår egen mentale gjennomgang av hva vi trodde vi kom til å oppleve fant vi fort ut at mange av våre antagelser om praksisen på en intensivavdeling ikke stemte. Etter tre vakter satt vi igjen med svært mange inntrykk og observasjoner som ble tatt med videre i prosessen. Her følger en liten oppsummering fra skyggingen.

Da vi kom på avdelingen første gang ble vi i høyeste grad kastet rett inn i konteksten. Etter at vi hadde fått utdelt "scrubs" og signert en tasuhetserklæring, ble vi sendt rett inn på rom med sykepleier og pasient. Pasienten var svært syk og hadde ligget bevisstløs i to uker. Det at sykepleierne på St. Olavs stort sett alltid sitter sammen med pasienten inne på rommet deres var bare et eksempel på noe vi ikke hadde sett for oss på forhånd.



LEDNINGSKAOS (1)

Det kan bli mye ledninger mellom pasient og apparater.

INTRAVENØST (2)

Apparater må tåle å få en pose med intravenøsvæske over seg.

ENGANGS (3)

Et engangsett for dialysemaskinen. Disse kan koste flere tusen kroner.



1



2



3



I starten valgte vi stort sett å observere uten å stille for mange spørsmål. Alt var veldig ukjent og vi ønsket ikke å forstyrre sykepleieren mer enn nødvendig. Etterhvert som vi ble mer komfortable med konteksten og bedre kjent med sykepleierne, begynte vi gradvis å stille flere spørsmål. Begge sykepleierne var mer enn villige til å svare på spørsmål om alt fra generell praksis og behandling til bruk av medisinsk teknologisk utstyr. Vi fikk også lov til å prøve ut diverse apparater, uten at de var koblet opp mot pasienten.

Selv om vi i utgangspunktet hadde avtalt å være med en sykepleier fikk vi også tillatelse til å følge andre sykepleiere rundt og stille spørsmål. Det var nyttig da vi opplevde at de hadde litt ulikt syn på en del ting.

Hovedinntrykk

Hovedinntrykket vi satt igjen med etter skyggingen handlet ikke om faktorer knyttet til det medisinske teknologiske utstyret, men heller det mangfoldet av oppgaver og utfordringer en intensivsykepleier er nødt til å forholde seg til i løpet av en dag. Her observerte vi alt fra generell behandling, som blodprøvetaking og tannpuss, til prating med pårørende til en pasient med relativt dårlige fremtidsutsikter. En annen ting som vi la spesielt merke til var den store arbeidsmengden til sykepleierne. Siden intensivpasienter er blant de mest krevende pasientene er sykepleierne stort sett på beina hele tiden. Vi var selv ganske slitne etter hver vakt, enda vi kun hadde observert og stilt spørsmål. En siste ting som også gjorde inntrykk var den

verdigheten som sykepleierne behandler pasientene med. Selv om en pasient har ligget bevisstløs i flere uker eller kanskje til og med månededer prater sykepleierne med pasienten som om det skulle vært den mest naturlige ting i verden.

Om valg av metode

I løpet av våre tre vakter observerte vi flere andre medisin- og sykepleierstudenter. Vi tror at helsepersonell på sykehus er vant til å ha følge av studenter i en eller annen form for praksis, som gjør at skygging som metode fungerer bra i denne konteksten. Ettersom de som jobber på sykehuset er vant til å bli observert i arbeidshverdagen er de mindre tilbøyelige til å legge om adferden sin dersom det er noen fremmede til stede. Det kan riktignok være at dette er noe som er mer vanlig på universitetssykehus ettersom, andelen studenter her er noe høyere enn på andre sykehus. Det at vi i tillegg hadde en annen bakgrunn enn medisin, fikk vi inntrykk av at hadde en positiv effekt med tanke på feedback. Det er ikke ofte sykepleiere blir spurt om hvordan apparatene de bruker bør fungere og se ut.

Selv om skyggingen var en suksess tror vi likevel det det kan være lurt å begrense tiden man bruker. Ettersom konteksten var så ny ble det veldig mye inntrykk på kort tid og man kan stille seg spørsmål om man får prosessert alt. Vi erfarte at tre vakter var nok og at det var viktig å sette av god tid i etterkant til å diskutere metode og systematisere observasjoner og dokumentasjon.

PAPIRPROTOTYPING

Papirprototyping har blitt brukt i utviklingen av det grafiske brukergrensesnittet. I starten av prosjektet manglet vi innsikt om hvordan begrensninger og muligheter i teknologien til GlucoSet kom til å påvirke workflowen til apparatet. Her ble metoden viktig for å konkretisere ting som virket abstrakt: "Apparatet må kalibreres - da må vi ha et tastatur eller lignende der man kan taste inn glukoseverdier fra en manuell blodprøve". Teknologien har endret seg mye i løpet av prosjektet. Det er spesielt under prosedyrene oppkobling mot pasient og kalibrering at disse endringene har hatt størst innvirkning på GUI. Her har nye steg i workflowen gjort at vi har måttet jobbe veldig iterativt. I enkelte tilfeller har disse endringene hatt en positiv innvirkning på brukbarhet. Et konkret eksempel på dette er at sensoren viste seg å være mer nøyaktig i ukalibrert tilstand. Dette har gjort at den ukalibrerte verdien har gått fra å være ubrukelig til å ha en viss verdi for brukeren.

En ting papirprototyping gjorde oss oppmerksomme på tidlig var at designet av "standardskjermbildet" som viser graf og glukoseverdi utgjorde den en mindre kompleks utfordring enn oppkobling og kalibrering. Selv om dette er det skjermbildet en sykepleier må forholde seg til mesteparten av tiden er det heller oppgaver som oppkobling mot pasient, kalibrering, justering av alarmgrenser og historikk som har vært den største utfordringen å designe.

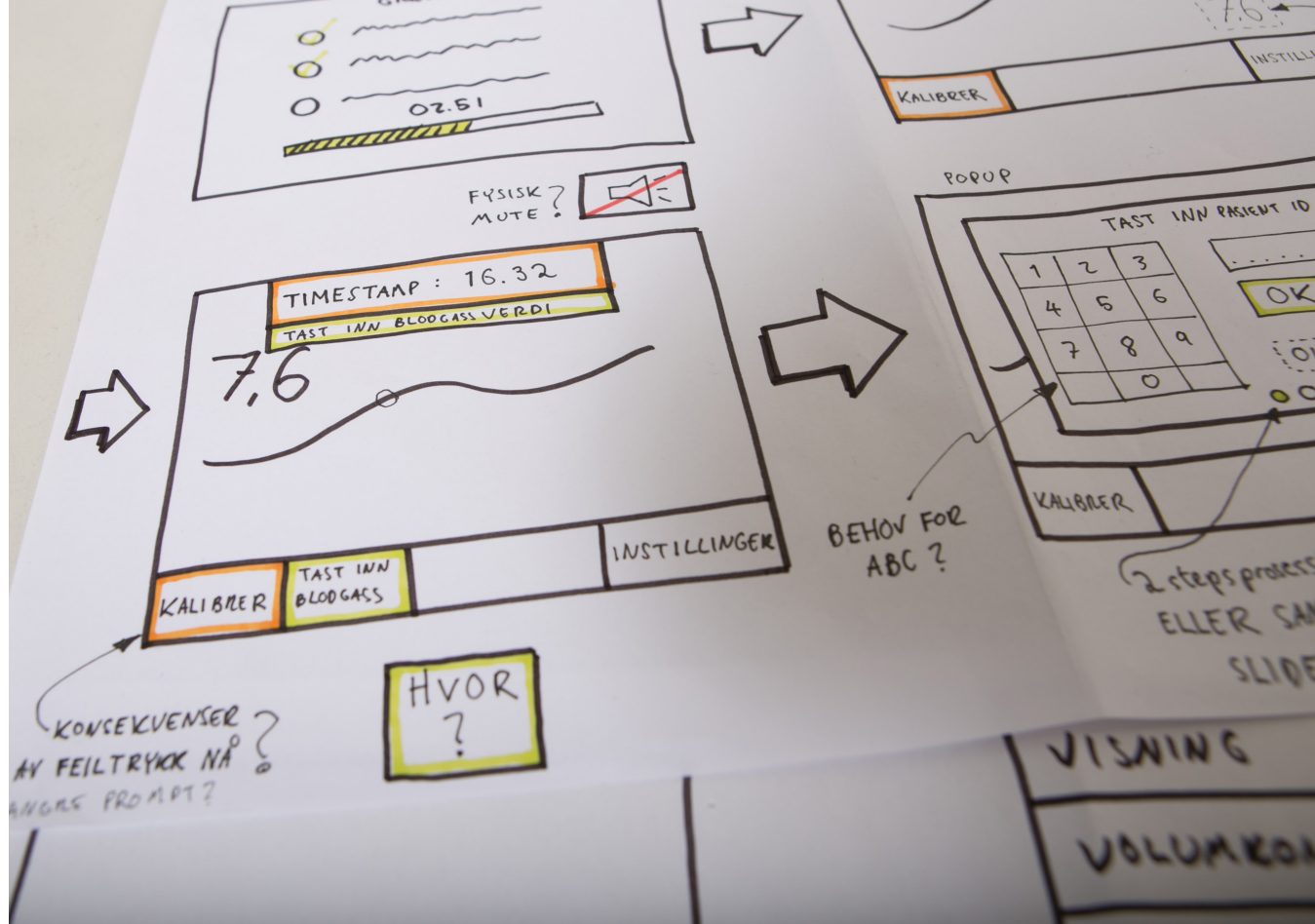
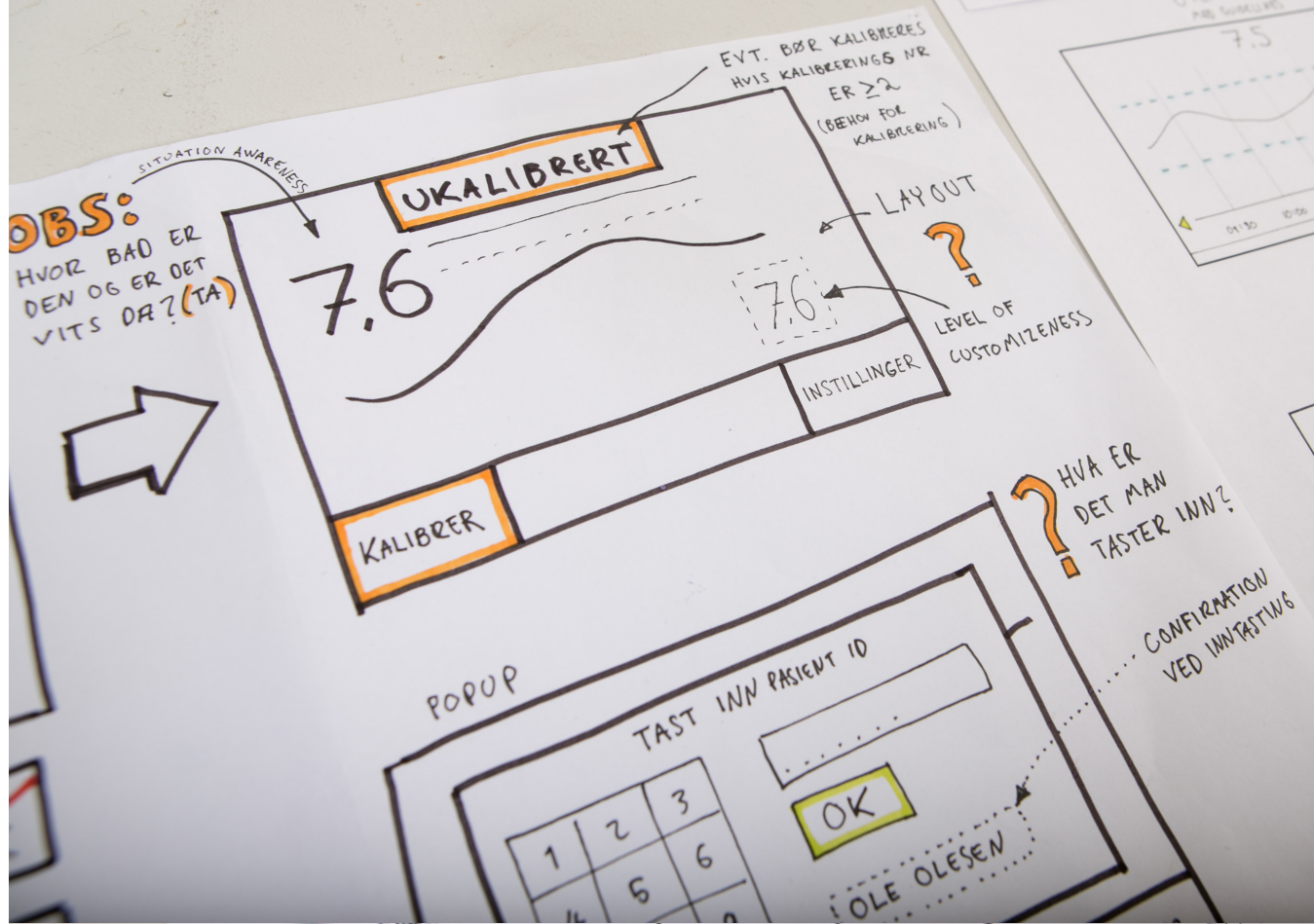
Om valg av metode

Metoden har vært effektivt for å konkretisere stegene i en abstrakt og ukjent workflow. Når man er to på gruppa har papirprototyper vært et veldig bra utgangspunkt for diskusjon. Vi har likevel ikke brukt papirprototyper til testing. Dette bygger på personlig erfaring. Siden det grafiske grensesnittet inneholder en del dynamiske elementer som gjør at det blir lite flyt i et testscenario. Til testing valgte vi å bruke en interaktiv prototype laget med prototyperverktøyet Axure.



PENN OG PAPIR →

Papirprototyper er et bra utgangspunkt for diskusjon. Spesielt dersom man jobber sammen.



TIDLIGE MOCK-UPS

Etter det første sykehusbesøket satt vi igjen med mange nye inntrykk og mye å fordøye. Vi hentet inspirasjon fra konteksten, sykepleierne og utforsket mulige løsninger for oppheng av enheten, ledning og mer. Vi skisset og laget mock-ups i ulike størrelser og former, med ulik grad av realisme. I tillegg laget vi små klosser av de ulike komponentene vi antok skulle være i enheten og sammenlignet forslagene med disse for å se hva som var mulig og ikke.

Om valg av metode

Gjennom å lage mock-ups raskt og enkelt kunne vi diskutere oss imellom hva vi trodde ville fungere. Da vi i neste fase evaluerte idéer sammen med brukerne, var det nyttig å ha med seg gjenstander som utgangspunkt for diskusjonen. Gjennom å ha med mock-ups ble vi oppmerksomme på konkrete utfordringer knyttet til forslagene våre. Blåskum var et greit materiale å jobbe med i tidlige fase da det gav en følelse av form og størrelse uten at man følte seg bundet til det man hadde laget.



BLÅSKUMMODELLER I→

Et utvalg av blåskummodellene vi brukte til å vurdere størrelsen til enheten og diskutere potensielle løsninger i tidlig fase.

Karabinerkrok

Henger i toppen av stativet ved hjelp av en karabinerkrok, kan fortas ned av sykepleier og håndteres i en hånd.

Friksjonsfeste

Henger ved hjelp av friksjon på stangen.

Skrustikke

Sykepleierne er vant til denne fra tilsvarende løsninger.

Fjærmekanisme

Mekanisme som bare trenger å dyttes på IV-stativet.

Fiberoppheng

Kan det være en idé å lage en festeordning for fiberkabelen?

OPPGAVEANALYSE

På grunn av kompleksiteten og viktigheten til oppkoblingsprosedyren, så vi en verdi i å inkludere denne i form av instruksjoner i det grafiske grensesnittet. K8 industridesign og GlucoSet hadde allerede gjort seg en del tanker om oppkoblingen. Vi gikk gjennom den steg for steg sammen med GlucoSet for å få en oversikt.

Nicolas har bakgrunn fra medisinstudiet, og kunne komme med gjennomtenkte antagelser om hva som var nytt og kjent for sykepleieren, og hva som sannsynligvis trengte ekstra forklaringer. Teknologien til apparatet gjør det mulig å detektere at enkelte steg i prosessen blir gjort. Et viktig steg er for eksempel at engangssensoren fylles med vann fra arterietrykksettet. Dette er noe apparatet kan detektere og som potensielt kan fungere som et sikkerhetstiltak, ved at sykepleierne ikke får gå videre i prosessen før dette er gjort riktig. Vi ønsket å begrense antall steg, uten at det gikk utover sikkerheten.

Om valg av metode

Siden oppkoblingsprosedyren består av konkrete steg som må gjøres i en spesifisert rekkefølge var HTA en god måte å strukturere informasjonen på. Samtidig gjorde det at det var lettere å evaluere antagelsene våre under brukbarhetstesten.

Konklusjon

I vedlegget hierarkisk oppgaveanalyse finnes oppsummeringen av de konkrete stegene vi trodde det ville være nødvendig å gi sykepleieren. Dette ble utgangspunktet for førsteutkastet til oppkoblingsprosedyren i det grafiske grensesnittet.



HIERARKISK OPPGAVEANALYSE (HTA) I→

Bildet viser en bearbejdet form av oppgaveanalysen, vi laget ved å gå igjennom oppkoblingen steg for steg i samarbeid med Nicolas i GlucoSet.

Hierarkisk oppgaveanalyse - Versjon 1

Setup / ny sensor

Steg:	Handlinger sykepleier:	Ubevisste og bevisste handlinger:	Teknisk:
	Åpne emballasje		
1	Koble engangssensor med fiberkabel.		<p>SENSURERT</p> <p><u>OBS:</u> Hvordan vet apparatet om det er en ny sensor eller en som alt er i bruk? Her må det inn brukerinnt!</p>
	Koble til vann	<ul style="list-style-type: none"> - Stenge arteriekran - Koble fra vann (en selvfølge for sykepleierne) - Koble til vann 	
2			
	Flushe vann	<ul style="list-style-type: none"> - Ta av cap - Koble til vann 	
3	Koble til kateter	<ul style="list-style-type: none"> - Åpne kateter - Koble til kateter 	
4		(en ny handling for sykepleier)	
5	Kalibrer første gang.		<ul style="list-style-type: none"> - Ca blodsukker vises:

TOUCH ELLER KNAPPER?

Dette har vært et av de store spørsmålene knyttet til apparatet. Som nevnt i kapitlet om medisinsk utstyr finnes det både fordeler og ulemper med touch kontra konvensjonelle knapper. Touchskjermer åpner for direkte interaksjon med skjermelementer. De krever lite kraft for å aktivere en kontroll samtidig som de er lette å rengjøre.

Fra et markedspektiv viser en rask analyse av konkurrentene til GlucoSet at alle disse har touchskjerm. Ifølge Kano-modellen (Kano, 1984) vil brukernes begeistring over ny funksjonalitet reduseres etterhvert som flere får denne funksjonaliteten. På denne måten vil funksjonaliteten etterhvert utvikle seg til å bli noe man kun legger merke til dersom den mangler. Det kan virke som om dette er tilfellet med touchskjermer på nytt medisinsk utstyr idag.

Det at vi ikke nødvendigvis kommer til å utvikle et grensesnitt som er helt ferdig er også noe som taler for touch ettersom det blir lettere for GlucoSet å endre på ting eller legge til funksjonalitet i etterkant.

Konklusjon

I tillegg til fordeler knyttet til brukbarhet har flertallet av de vi har vært i kontakt med gitt uttrykk for at de ønsker touchskjerm. Blant disse finner vi både teknisk avdeling, en leverandør i VingMed AS og flere sykepleiere. Apparatet vil ha en resistiv touchskjerm som lar seg operere med hansker. Utover dette blir det nødvendig med en av og på knapp.



ET TASTETRYKK UNNA I→

Apparatene på intensivsen har enten touch som på pasientmonitorene (øverst), knapper og knotter som på den gamle hostemaskinen (midten) eller softbuttons som på medisinpumpen (nederst) eller en kombiansjon av disse.



MOBILE FIRST

For å få tid til så mange iterasjoner som mulig ønsket vi å starte å jobbe med det grafiske brukergrensesnittet tidlig i prosessen. Hovedutfordringen med dette var at vi ikke visste hvilken størrelse eller form skjermen kom til å få i starten. Valg av skjerm var avhengig av mange parametere som pris, teknologi og størrelse på apparatet. Basert på tilbakemeldinger fra intensivsykepleierne på St. Olavs hadde vi likevel fått et visst innblikk i hvilken størrelse de ønsket, nemlig et så lite apparat som mulig. Vi innså at skjermstørrelsen kom til å bli en avveining mellom det sykepleierne ønsket og hva som var mulig med tanke på indre komponenter.

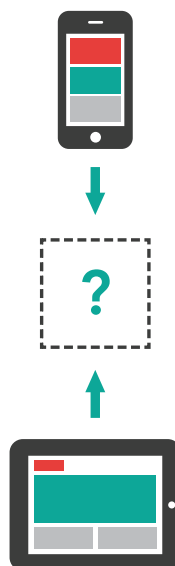
For å håndtere denne usikkerheten valgte vi en metodikk som er mye brukt i it-bransjen, men som vi så for oss at også kunne fungere for oss også. Vi valgte først det vi anså som ytterpunkter med tanke på skjermstørrelse. Det minste vi kunne se for oss at apparatet kom til å bli var en iPhone 4S i stående format, mens det største vi så for oss var en iPad 3 i liggende format. Vi utviklet derfor to interaktive mock-ups ved bruk av Axure. For at brukerne ikke skulle henge seg for mye opp i det grafiske valgte vi å legge et skissete filter på designet.

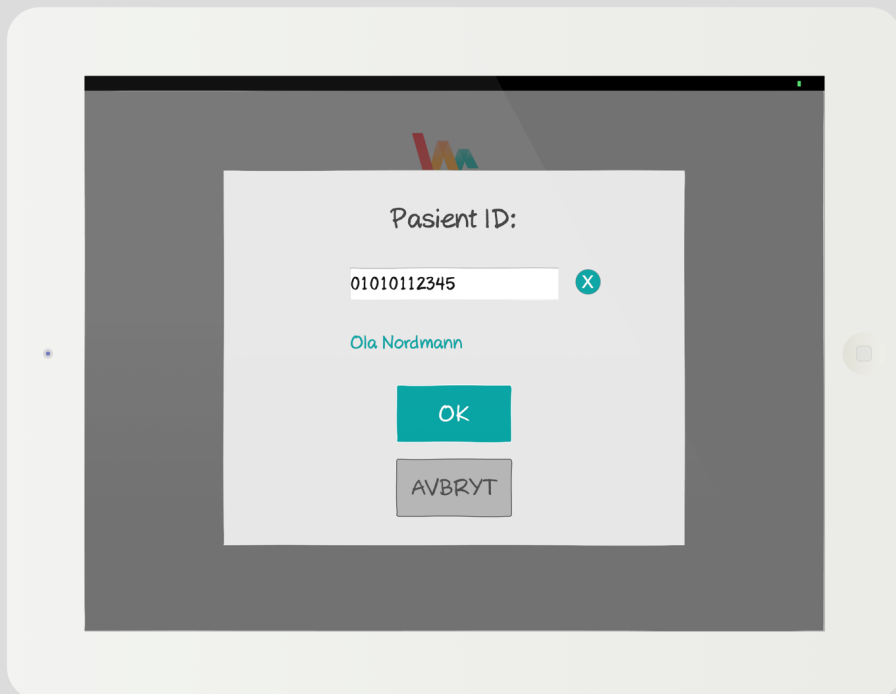
Om valg av metode

Mobile first fungerer bra når man ikke enda vet hvor stor skjerm man har å designe på. Med denne metoden erfarte vi veldig kjapt hvor mye størrelsen på skjermen hadde å si for mengden data som kunne formidles til brukeren, spesielt med tanke på at skjermen hovedsaklig kom til å bli studert på avstand. iPhone 4 formatet tvang oss til å tenke kritisk med tanke på hva som var den absolutt viktigste informasjonen. Her fikk vi for eksempel kun plass til et glukosetall og ikke en synlig trend. På iPad 3 var ikke skjermplass noe problem. Her kunne vi inkludere en trend og vi hadde flere muligheter med tanke på navigasjon i løsningen.

POPULÆR METODE **I**➔

Mobile First baserer seg på at datatrafikken øker mest på mobile flater. Mange velger derfor å starte med mobil når de utvikler nye it-løsninger for deretter å tilpasse løsningen til pc eller mac med responsivt design. Tanken er at hvis det fungerer på en smarttelefon bør det også fungere på en større skjerm





TIDLIG EVALUERING AV GUI

Som en del av innsiktsfasen vår dro vi en tur til østlandet der vi besøkte intensivavdelingene på Bærum og Drammen sykehus. Hovedformålet med turen var å få en oversikt over hvordan intensivrom og generell praksis skilte seg fra det vi hadde observert på St. Olavs Hospital.

I tillegg til dette ønsket vi å få innspill på tidlige prototyper vi hadde utviklet. Vi var spesielt nysgjerrige på intensivsykepleiernes syn på oppkoblings- og kalibrerings-workflowen til apparatet da den er noe bergenset av teknologien. Det er spesielt under oppkobling mot pasient at workflowen inneholder et par elementer som vi ikke visste om sykepleierne var kjent med. Vår foreløpige strategi for å håndtere dette var en sjekkliste på skjermen der sykepleierne kunne kvittere for de stegene de hadde gjort og få informasjon om neste steg. Vi kjørte derfor en gjennomgang av grensesnittet med tre ulike sykepleiere på iPad og iPhone. Dette var kun en utforskende test der vi og sykepleierne vekslet mellom å trykke på skjermen.

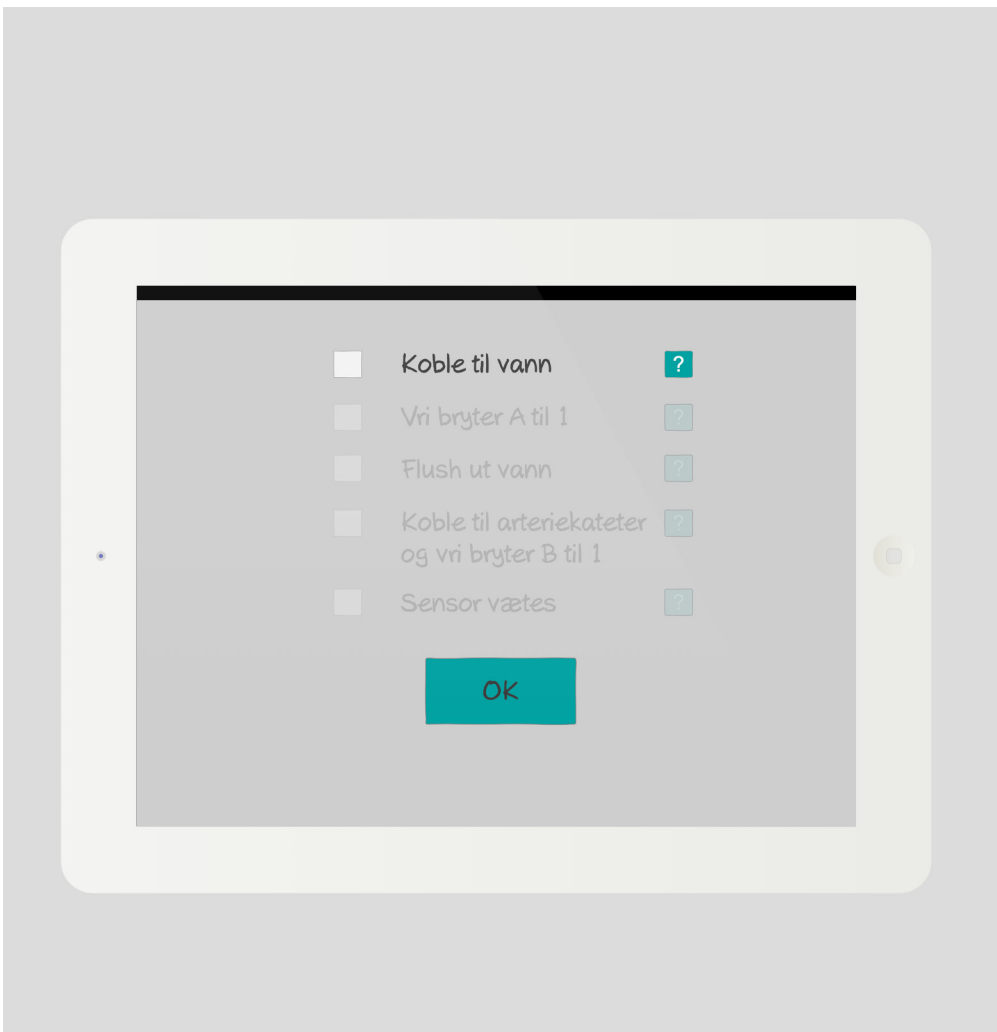
Grunnen til at vi ikke fikk anledning til en mer evaluerende strukturert test var at vi hadde begrenset med tid samt at vi på grunn av konfidensialitet ikke kunne presentere alle stegene i workflowen. Her ble vi nødt til å tilpasse oss ved å skrive "vri bryter 1 til posisjon A" heller enn å presentere hva man i realiteten måtte gjøre.

Konklusjon

Vi fikk gode tilbakemeldinger på å inkludere en sjekkliste i grensesnittet. Dette var tydeligvis noe sykepleierne var vant med fra andre apparater og som de foretrakk fremfor instruksjoner i papirformat. De så likevel behovet for å kunne hoppe over instruksjonene dersom de følte at de hadde full kontroll.

Om valg av metode

På dette stadiet i prosessen fungerte det fint med en muntlig diskusjon av funksjonalitet for å avsløre eventuelle store feil og mangler. Vi innså likevel at problemet med konfidensialitet førte til at tilbakemeldingene vi fikk var noe begrenset.



"MAGISK BOKS"

En av aktivitetene vi utførte var at vi lot brukerne beskrive hvordan det perfekte instrumentet som målte blodsukker skulle se ut samt hvor det skulle plasseres på intensivrommet. Vi hadde med oss mange klosser i ulike størrelser som vi presenterte for sykepleierne. Vi ba de så velge størrelse og sa at boksen de valgte var magisk, slik at den kunne gjøre det de måtte ønske relatert til blodsukker. Vi gjennomførte aktiviteten med tre intensivsykepleiere fra Bærum og Drammen sykehus.

Konklusjon

Gjennom øvelsen fikk vi avdekket hva som var viktigst for sykepleieren. Instrumentet måtte være lite og de ønsket seg verdien på pasientmonitoren. I tillegg var det flere som ønsket å plassere instrumentet i nærheten av pasientmonitoren, siden det var i dette området de så etter vital informasjon.

Om valg av metode

Vi valgte å gjøre denne aktiviteten før vi hadde sagt noe mer om hva som var mulig med instrumentet. Aktiviteten lot oss få et inntrykk av hva sykepleierne anså som den optimale løsningen med minst mulig påvirkning fra oss.



CO-CREATION I→

Gjennom aktiviteten fikk sykepleierne vist blant annet hvor de ønsket å se verdien.



Klarer dere å få verdien inn på monitoren da?

Kommentar fra intensivsykepleier ved bærum sykehus



UTSEENDE

Vi lot sykepleierne uttrykke seg ved hjelp av bilder av ulike produkter vi hadde funnet på nett, og besvare spørsmålet hvordan ser drømmeproduktet ut? Gjennom aktiviteten håpet vi å få en diskusjon om farger og formspråk på sykehusinstrumenter, og kanskje avdekke noen generelle ønsker fra sykepleierne. Vi blandet bilder av medisinsk utstyr med utstyr hentet fra andre kontekster der estetikk er mer vektlagt enn på sykehus.

Konklusjon

Da vi alt hadde gjennomført "magisk boks"-aktiviteten ble dette mest en repetisjon av det vi hadde lært. En av de viktige tingene vi lærte var at det holdt ikke at instrumentet var lite, det skulle helst se lite og slankt ut også. Vi fikk også et inntrykk av at sykepleierne forventet seg at instrumentet skulle se "medisinsk" ut.

Om valg av metode

Vi følte ikke vi fikk så mye igjen av denne øvelsen. Sykepleierne pratet ikke om form på et abstrakt nivå, men vurderte hver enkelt gjenstand med tanke på om den kunne egne seg som et instrument som viste blodsukkerverdier. Instrumentene ble stort sett vurdert på størrelse, om de hadde skjerm eller om de så medisinske ut. Vi innså at sykepleierne ikke har det samme forholdet til å snakke om estetikk på samme måte som vi har, basert på erfaring fra designstudiet.



KORTSORTERING →

Sykepleierne sorterte bildene etter hvordan drømmeinstrumentet kunne se ut.



Den var stor og klumpete

Kommentar fra intensivsykepleier ved Bærum sykehus



HVA ER VIKTIGST?

Vi gjennomførte en kortsorteringsøvelse sammen med tre sykepleiere fra to ulike sykehus. Før øvelsen hadde vi skrevet ned mange funksjoner som instrumentet kunne ha på post-its. Vi lot hver sykepleier rangere disse etter hvor viktig hun syntes de var og ba hun tenke høyt underveis i prosessen. Vi hadde også med ekstra post-its så vi kunne legge til andre ting sykepleierne syntes var viktig. Vi brukte en skala som gikk fra må til bør og videre til kan.

Konklusjon

Vi samlet snittet av vurderingene i en liste, vist til høyre. Mye av det viktigste i prosessen var allikevel å lytte til begrunnelsen til hvorfor sykepleierne plasserte de ulike funksjonene der de ble plassert.

Om valg av metode

Gjennom argumentasjonen til sykepleierne fikk vi et innblikk i hvilke funksjoner som var viktigst. Plasseringen i de ulike kategoriene må, bør og kan ble ganske ulik mellom de ulike sykepleierne som kan tyde på en noe svak reliabilitet. Vi så allikevel et mønster i prioriteringene. Vi kunne vært enda strengere på hvor mange funksjoner det var plass til i de ulike kategoriene for å få en bedre spredning på skalaen og en tøffere prioritering.



CO-CREATION ↑

Sykepleierne sorterte post-its med funksjoner etter hva instrumentet måtte, burde og kunne gjøre.

KRAVSPEK →

En kravspek basert på snittet av hva de tre sykepleierne syntes var viktigst.



MÅ

Vise blodsukkerverdi med nøyaktighet på minst $\pm 0,2\text{mmol/L}$.

Vise trend, eller hente den fram ved behov.

Justere alarmgrenser.

Lett å rengjøre bruksflater.

Plasseffektiv.

Vise verdi på phillips monitor.

Ha touchskjerm.

Hjelpetegninger / prosedyrer ved tilkobling.

BØR

Kunne vise 12 / 24-timers historie ved vaktskifte.

Trendpil.

Rask montering / avmontering.

Kabeloppheng for fiberkabel.

Henge på IV-stativ.

Justere vinkel på skjerm.

Henge på seng (der de ikke har IV-stativ)

Gjerne mindre framside enn 10 x 10 cm.

KAN

Henge i krok på toppen av IV-stativ.

Stå på bord

Ha knapp ved seng.

STØRRELSE

Gjennom “magisk boks” aktiviteten sammen med sykepleierne, kom det fram at de ønsket seg et så lite instrument som mulig. Vi hadde med de seks ulike klossene vist på neste side. Samtlige sykepleiere valgte en av de to minste boksene, der framsiden på den minste boksen tilsvarte en sigaretteske.

Vi så etterhvert at det ble en konflikt mellom det å lage et instrument som tok lite plass der skjermelementer samtidig var synlige på avstand. Det er mange instrumenter på intensivavdelingen, og GlucoSet sitt instrument vil bli et av mange viktige apparater.

Vi så videre på hvor liten det var mulig å lage enheten basert på teknologien til GlucoSet. Vi så at det å gjøre interaksjonsflaten til GlucoSet størst mulig samtidig som instrumentet ble minst mulig var en viktig faktor.

Konklusjon

Instrumentet bør være mest mulig plasseffektivt, samtidig som det effektive informasjonsarealet til instrumentet bør være størst mulig. Den viktigste informasjonen bør være godt synlig fra seks meters avstand.

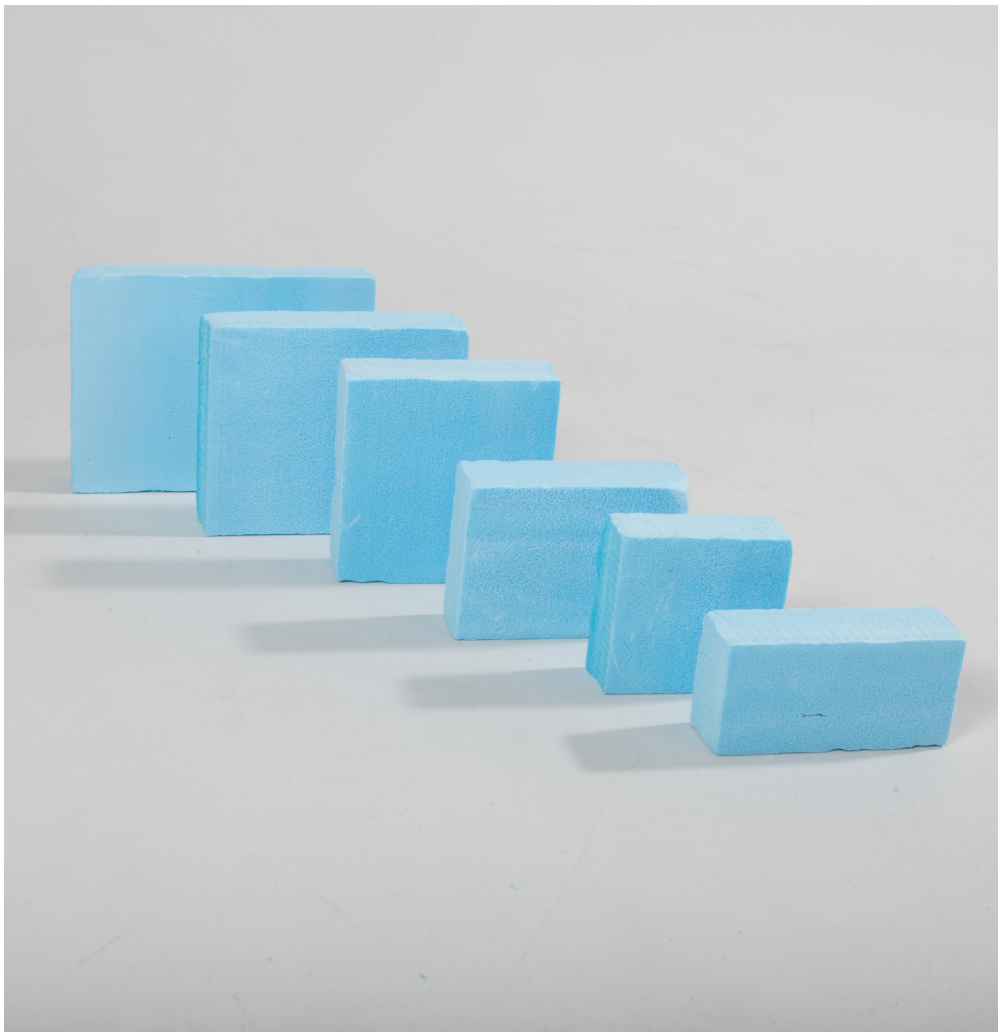
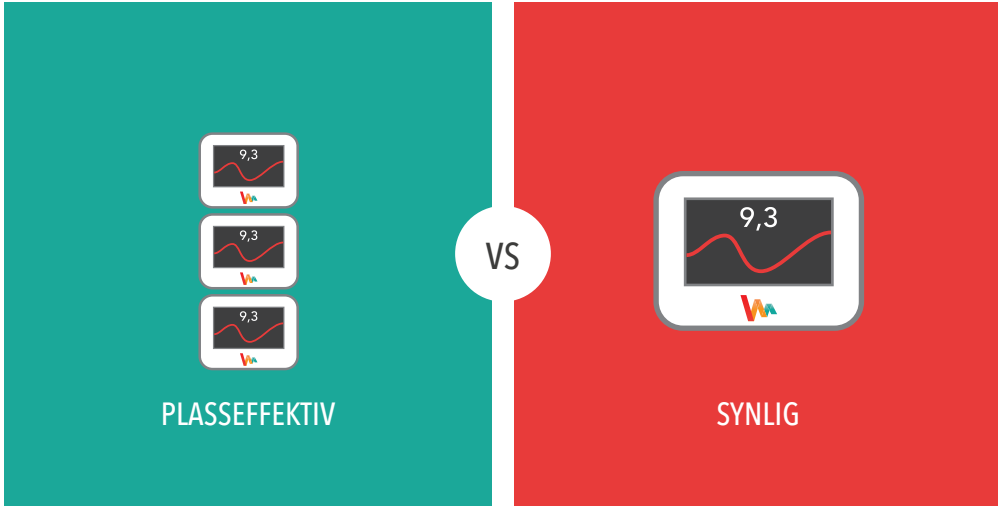


HVA ER VIKTIGST? ↑

Vi så tidlig en konflikt mellom et lite instrument, og et der informasjonen og grensesnittet ble synlig nok og stort nok.

ØNSKET STØRRELSE →

Sykepleierne ville ha en av de to minste boksene, dersom de kunne velge størrelse på instrumentet.



SKJERMSTØRRELSE

Vi ønsket å holde størrelsen på instrumentet på et minimum, samtidig som vi ønsket å gjøre den digitale funksjonsflaten så stor som mulig. Spesielt når det gjaldt å dele inn i touch-soner for inntasting satte størrelsen på skjermen praktiske begrensninger. En feiltastet kalibreringsverdi kan få store konsekvenser for pasienten.

Størrelsesforhold

Ettersom vi ønsket å lage instrumentet så lite som mulig ble skjermen definerende for størrelsen og formen til instrumentet. Vi vurderte skjermer på høykant, widescreen eller 4:3 i løpet av prosessen. Vi så at høyden på instrumentet hadde mye å si for hvor plasseffektivt instrumentet ble. I tillegg så vi at dersom man skulle ha store nok touch-soner for et numerisk tastatur brukt under for eksempel kalibrering så krevde det at man måtte ha skjermen på høykant dersom den ble mindre enn 6-7".

Størrelse på komponentene

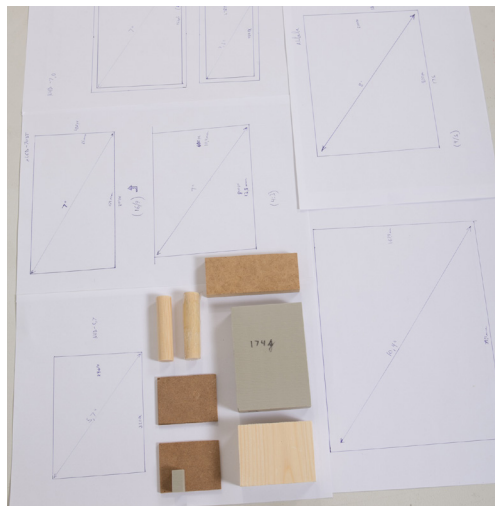
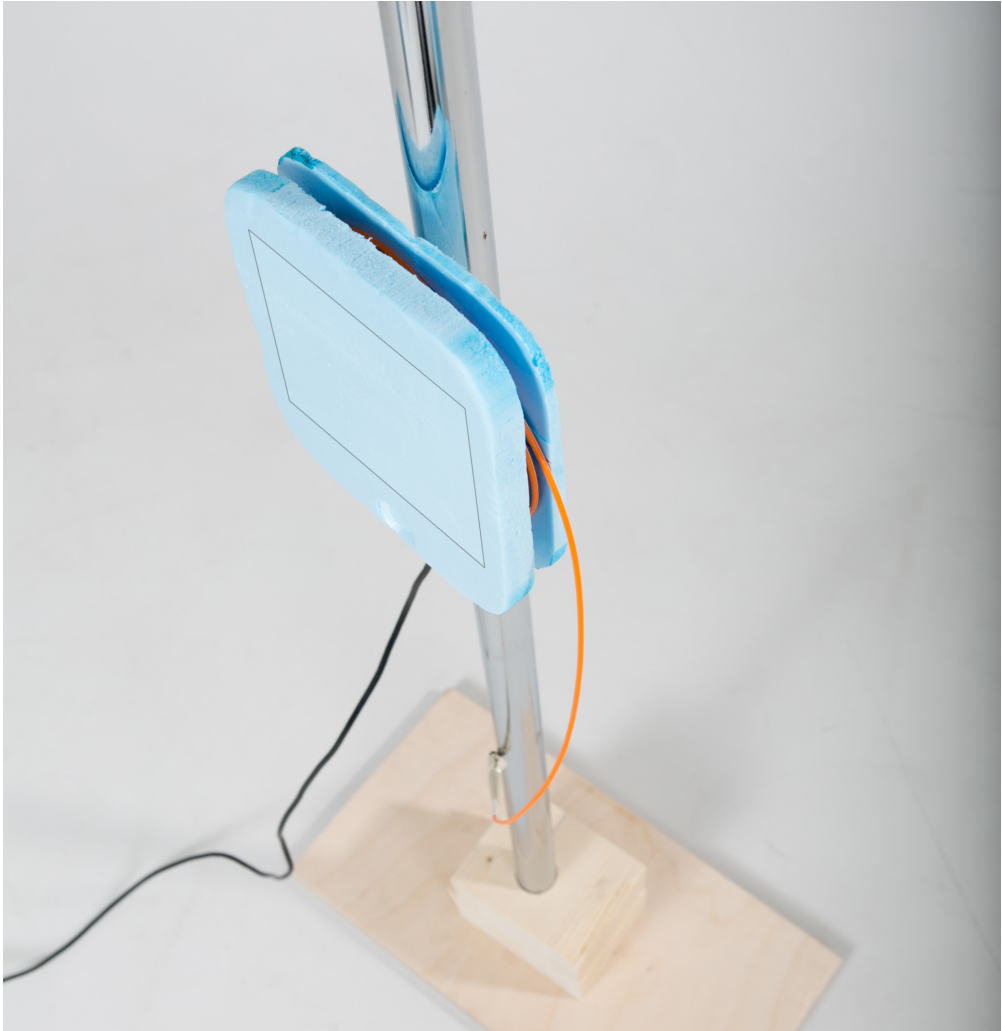
En resistiv touch skjerm krever et visst areal rundt selve skjermen. Vi sammenlignet størrelsen på komponentene mot størrelsen på ulike skjermer som en del av vurderingen.

Konklusjon

Vi har valgt en 7 " skjerm med en oppløsning på 800x480 piksler. En 7" skjerm er et godt valg basert på å gjøre den funksjonelle flaten til instrumentet stor, samtidig som man får et lite og passe slankt format på apparatet. Selv om 800x480 piksler ikke er en spesielt høy skjermoppløsning er dette noe som begrenses av vi har valgt resistiv touch. Høyoppløselige resistive skjermer er ofte svært dyre.

SKJERMSTØRRELSER I→

En vurdering av skjermstørrelse i forhold til størrelsen på enheten var en viktig del av prosessen. Bildet nederst til høyre viser komponentene vi vurderte på et tidlig stadie i prosessen.



INTERVJUER

Ved starten av prosjektet hadde vi liten oversikt over intensivavdelinger, den medisinske bransjen, blodsukker, sykehusets innkjøpsprosess og lignende. Vi startet med et dokument der vi listet opp alt det vi lurte på, og gjennom intervjuer, ofte i kontekst, fikk vi etterhvert en oversikt over de ulike aktørene og hva som var viktig for dem i forhold til utviklingen av GlucoSets apparat.

I løpet av prosjektet har vi intervjuet mange ulike personer, vi har ofte hatt semistrukturerte intervjuer, der vi har samlet relevante spørsmål og temaer på forhånd, men vært åpne for at intervjuet kunne ta andre retninger, da vi ikke alltid har hatt grunnlag til å se hva som er relevant for vår problemstilling. Vi har valgt å trekke inn kommentarer og kunnskap vi har tilegnet oss gjennom intervjuene i oppgaven.

Om valg av metode

Gjennom intervjuene fikk vi en mer dynamisk tilnærming til stoffet, der vi kunne stille oppfølgingsspørsmål og få forklaringer av viktige sammenhenger. Intervjuer gir mer subjektiv og kvalitativ data.

Disse intervjuet vi:

- Åtte intensivsykepleiere
- En renholderske
- To intensivleger
- Overlege Nils Kristian Skjærvold, spesialist, på blodsukker på intensivavdelinger
- Petter Solum, daglig leder Vingmed AS
- Ane Solesvik Oppedal, MedTech Oslo
- Paul Fredriksen, tidligere ansvarlig for kvalitetssystemer i GE Health
- Teknisk avdeling ved St. Olavs Hospital



SPESIALIST PÅ BLODSUKKER

Her intervjuer overlege, Nils Kristian Skjærvold, om hvordan blodsukkeret endrer seg for en intensivpasient.



PLASSERING

Sekundærresearch

Besøket på St. Olavs, samt samtaler med Nicolas gav et inntrykk av at IV-stativet var det mest naturlige stedet å montere apparatet. Det var svært vanskelig å finne tall på hva slags rack og festemuligheter ulike sykehus tilbød. Å besøke mange nok sykehus, ville ta veldig lang tid, derfor valgte vi å supplementere våre kvalitative analyser med et forenklet google søk for å få en indikasjon på hva slags utstyr og opphengsmuligheter som er vanlige å finne på intensivavdelinger.

Om valg av metode

Et enkelt bildesøk på google på ordet "ICU" ble brukt. Ved å søke på "ICU"(intensive care unit) ble engelskspråklige land prioritert. Bilder fra intensivavdelinger med medisinpumper, respirator og intravenøst ble tatt med, grunnet at det er pasientgruppen som bruker dette som er de mest aktuelle for GlucoSet. Et annet kriterie var at bildene måtte ha tilstrekkelig oppløsning og vise nok av rommet til at man kunne avgjøre hva slags muligheter for oppheng som var tilgjengelig i rommet. Det ble ført statistikk på totalt 50 bilder.

Dette er naturligvis en meget forenklet prosess ment kun for å få en indikasjon. Det er mange mulige feilkilder ved å bruke denne metoden. For eksempel kan reklamebilder fra produsenter som er godt tagget forkludre resultatene, man har heller ikke full kontroll på hvordan google modifierer søkekriteriene.



GOOGLE SØK →

Gjennom et bildesøk på "ICU" fikk vi en grov oversikt over hvor vanlig IV-stativ er og hvor det er plass til et instrument.



IV-stativ og rør-rack, 90%

Bildesøket gav en positiv indikasjon på at feste for IV-stativ og rør-rack kan være en nyttig retning å gå. IV-stativene så generelt ut til å være plassert nærme pasienten. Mesteparten av disse var innen en meters radius fra øverste del av sengen. 90% av IV-stativene og rør-rack-ene på bildene hadde plass til et nytt apparat i et synlig område. For enkelhets skyld vil vi omtale IV-stativ og rør-rack som IV-stativ videre i oppgaven.

Sengehest

Ut fra bilder og erfaring ved besøk av sykehus virker det som om sengehesten ved hodesiden ofte er tatt av. Ved fotenden var sengehesten ofte på plass på bildene. Under feltstudiet så vi at sengehestene på sidene var flittig i bruk og de ble justert opp og ned ofte etter behovene til sykepleier, fysioterapeut, lege, radiograf og lignende. Det så ut som dette gjenspeilte seg i sengekonfigurasjoner. Det virker som om dette ikke er noen god permanent plassering for GlucoSet sitt instrument. Det kan være aktuelt å henge instrumentet på sengehesten over et kortere tidsrom, for eksempel under flytting av pasienten.

Bordflater, 36%

Det var en bordflate eller hylle i nærheten av sengen på kun 36% av intensivrommene.

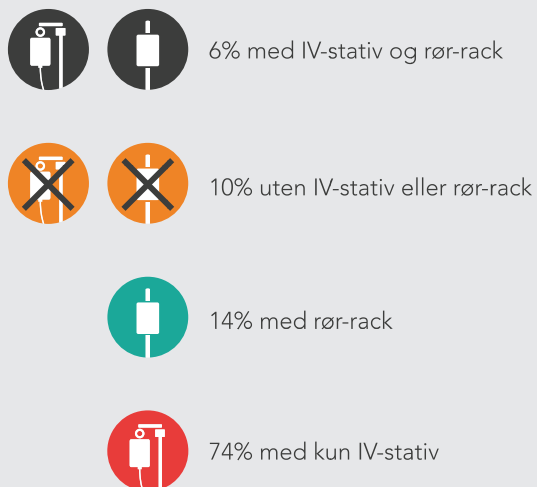
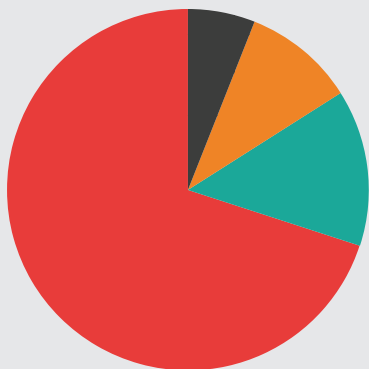
En svakhet med å plassere utstyr på bordet er at bordet ofte er fylt med andre gjenstander. Bordflaten kan være et sted GlucoSets instrument kan bli plassert midlertidig, men ikke et sted man kan satse på at utstyret skal være montert på fast basis. I tilfellene der det er hyller bak sengen for å plassere instrumenter kan det være aktuelt å legge til rette for en løsning som lar instrumentet fungere i stående tilstand.

Spesialstativ, ukjent antall

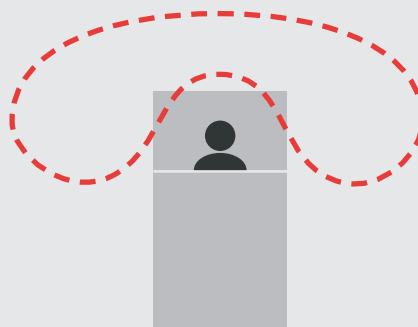
En del sykehus hadde egne løsninger med en list eller aluminiumsprofil festet til veggen bak pasienten for montering av utstyr. Mange av disse var i utgangspunktet plassert litt lavt med tanke på synlighet for GlucoSet sitt instrument. I en del tilfeller var det egne moduler for å feste blant annet IV-stativ til spesialstativene.

Konklusjon

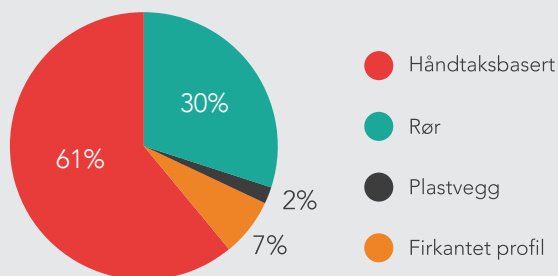
IV-stativet ser ut til å være det mest egnede stedet å montere GlucoSet sitt instrument. IV-stativet har standardiserte størrelser, er godt innarbeidet og brukes på nesten alle sykehus. Om mulig kan det også være fordelaktig om instrumentet kan stå plassert på en bordflate eller henge på sengekanten.

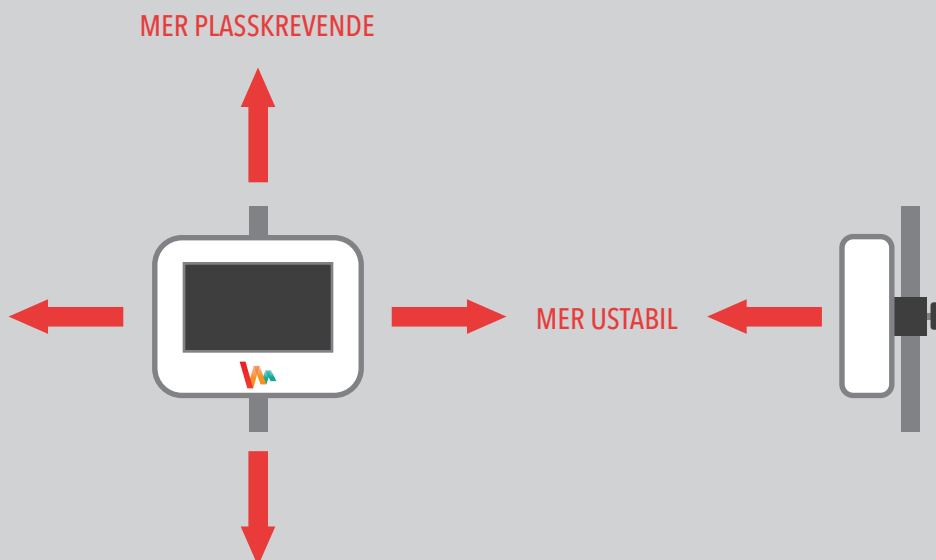
HENGE PÅ RØR**TEKNISK UTSTYR**

Det tekniske utstyret og festemekanismene befant seg oftest i området vist på bildet. Dette skyldes nok at det skal være enkelt å trille pasienter ut ved behov og enklest mulig ledningslogistikk.

**SENGEHESTER PÅ SYKESENGER**

Søket gav en indikasjon på at sengehestene varierer mye mellom sykehus. Størsteparten av sengehestene var ulike varianter av "gjerder" utformet med vekt på at disse også skulle brukes som håndtak ved flytting av pasienten.





BRUK AV IV-STATIV

Dersom man skal benytte IV-stativ må man ta høyde for en del faktorer.

Tykkelse på IV-stativ

Basert på observasjoner på sykehus, nettsøk på IV-stativer og en grundig gjennomgang av produktporteføljen til Provita Medical GmbH (2015), så vi at diameteren på IV-stativene ligger på mellom 11 og 38 mm. Det varierer mellom IV-stativ montert fra taket, spesialstativ og frittstående IV-stativ. Den største delen av IV-stativene har en diameter på 18 - 25 mm.

Risiko

Ved å benytte IV-stativet må man også ta høyde for faremomenter og regulatoriske krav knyttet til bruk av IV-stativ. En fare med tilhørende regulatorisk krav er at den skal tåle at en pose med

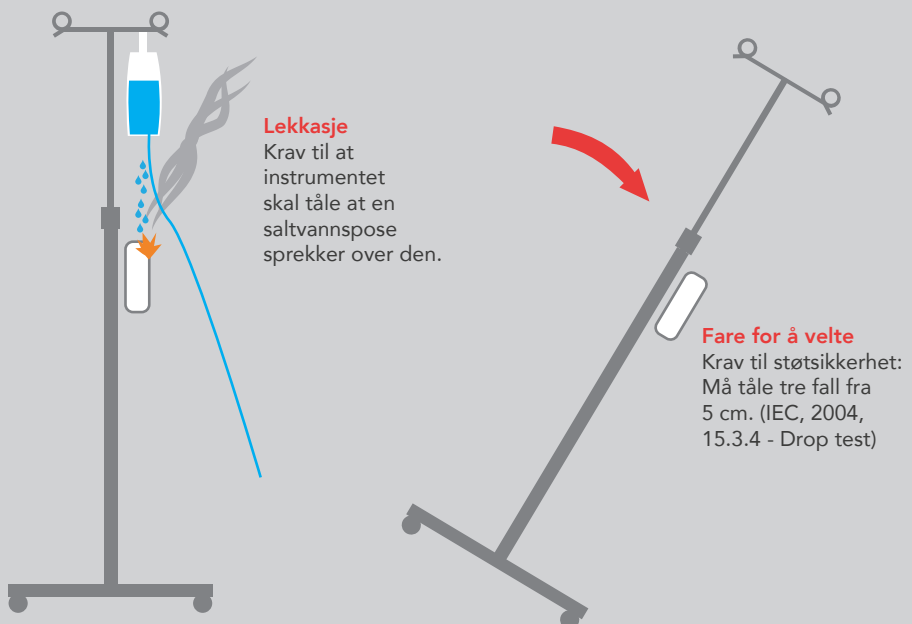
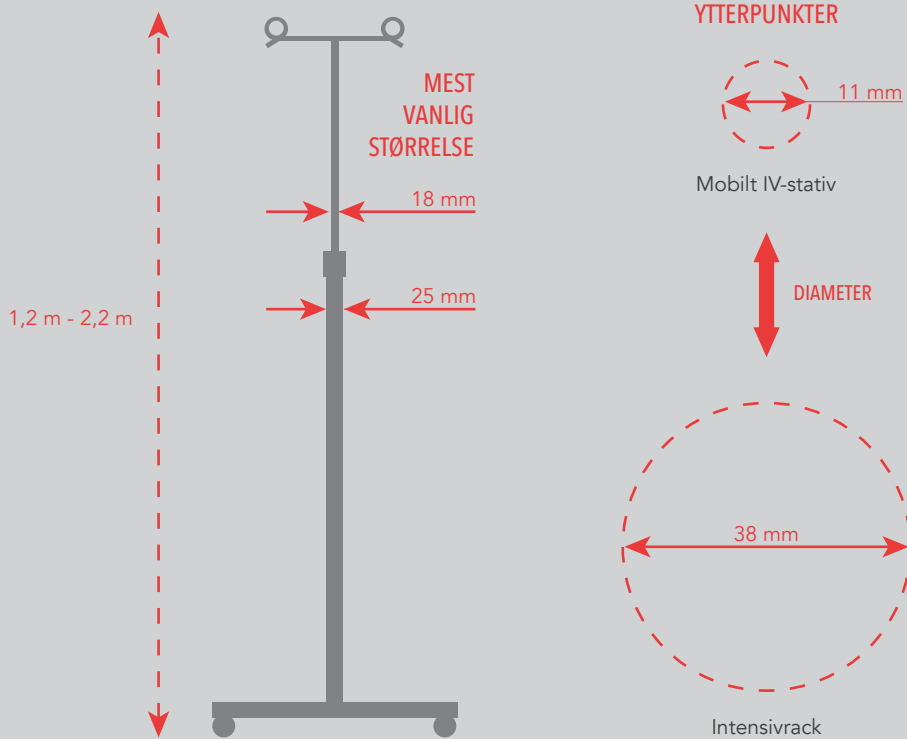
saltvann sprekker over den. I tillegg bør instrumentet tåle et velt.

Ta opp plass

Den effektive plassen på IV-stativet avgjøres av hvor mange ting man får over hverandre på stativet. Et instrument med lavere høyde, vil være mer plasseffektivt på IV-stativet. Samtidig, så vil instrumenter som bygger ut mye i bredden gjøre IV-stativet mindre stabilt. GlucoSet sitt instrument er såpass lite og lett at det vil påvirke stabilitet svært lite sammenlignet med andre instrumenter.

Konklusjon

Instrumentet må tåle en dusj av saltvann og en velt med intensivstativet. Man må ha festeløsninger som fungerer for rør med diameter 11-38mm.



INVESTORPITCH

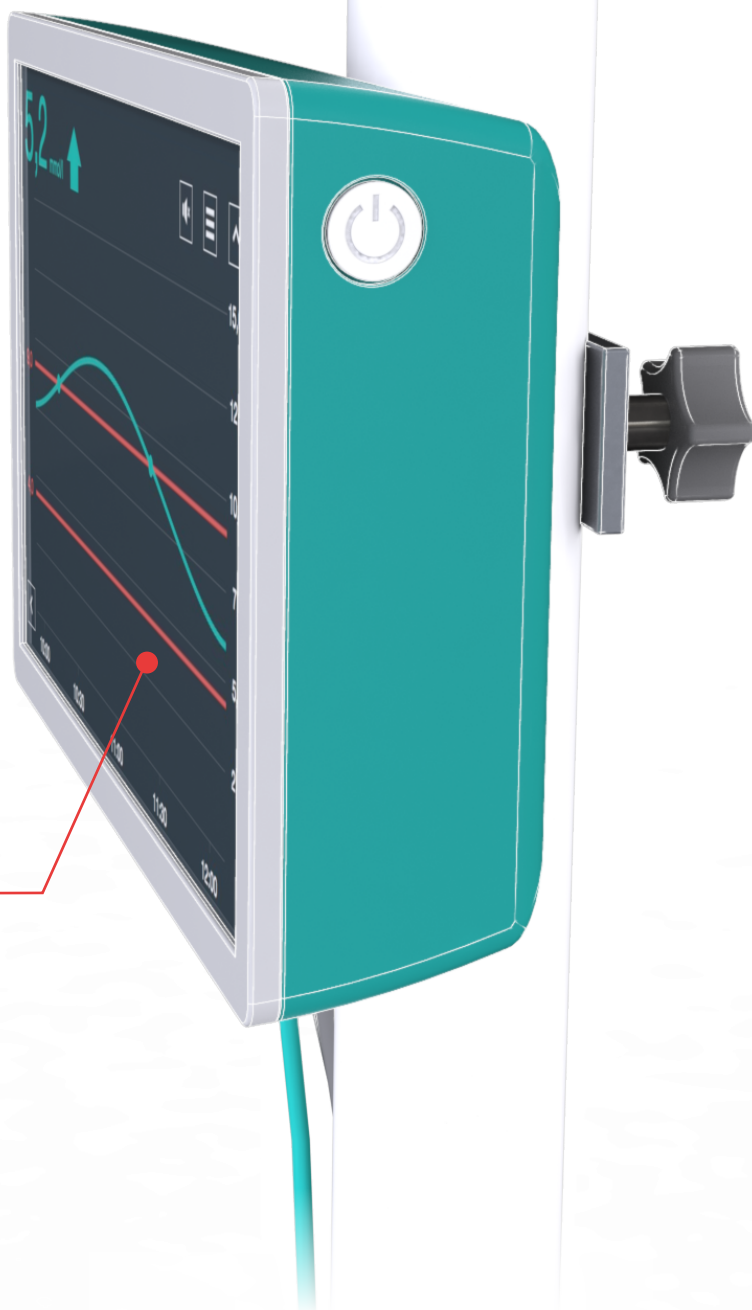
I sammenheng med en investorpitch GlucoSet skulle ha ble vi utfordret på å lage et konsept de kunne presentere. Vi syntes det var en fin utfordring og vi brukte konseptet til å oppsummere noe av det vi visste til da. Siden dette var relativt tidlig i prosesen ble vi også nødt til å gjøre en del antakelser. Selv om det på mange måter var befriende å omsette både innsikt og antakelser til noe helt konkret var vi bevisste på at formålet med konseptet ikke nødvendigvis var å designe den beste løsningen men heller noe som så bra ut på en plansje.

I etterkant av pitchen prøvde vi å ikke binde oss for mye til det vi hadde laget, men heller å se på det som en stikkprøve for hvordan en retning kunne se ut. Samtidig ønsket vi å ta med oss enkelte detaljer videre for å se om de kunne skape noen reaksjoner hos sykepleierne. Da vi senere i prosessen prøvde å bygge videre på konseptet fra investorpitchen fant vi ut at det hadde en del svake sider spesielt med tanke på brukbarhet knyttet til det grafiske grensesnittet. Her hadde vi for eksempel brukt knapper som var alt for små.

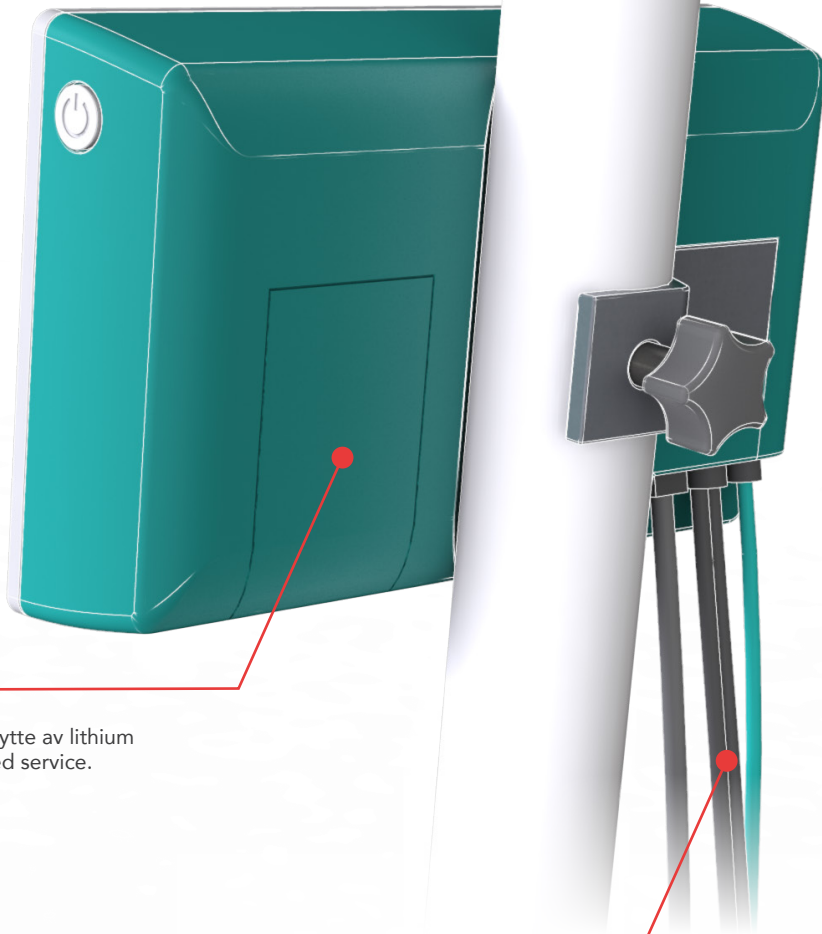
KONSEPT

Konsept basert på innsikt halvveis i prosjektet og laget for å vekke oppmerksomhet hos investorer.





Resistive Touch Screen
Touch som fungerer med
hansker.



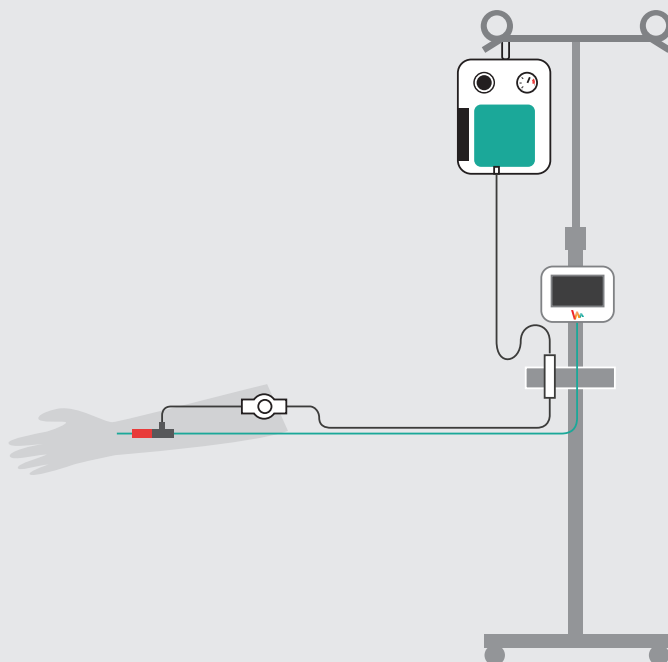
Batteriluke
For enkel bytte av lithium
batterier ved service.

Tilkoblinger
Tilkobling for strøm,
phillipsmonitor/nettverk,
samt fibertilkobling mot
pasient.

Mulig plassering av
Glucosets instrument







DEL AV ET SYSTEM

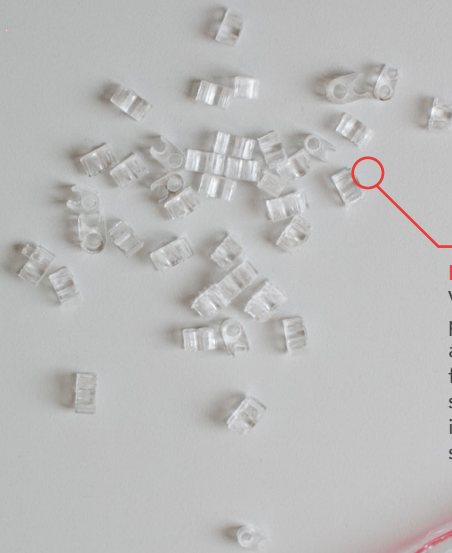
GlucoSet vil koble sin sensor til arteriekateteret, som vist i teknisk kapittel, under "Engangssensoren". Da vil trykklagt saltvann som går til trykksensor kobles via GlucoSet sin engangsenhet. Det kan være naturlig å tenke at GlucoSet sin fiberkabel og slangen med saltvann bør festes sammen og følge hverandre, og det kan være naturlig at apparatene henger på samme IV-stativ. Overlege ved St. Olavs ønsket at fiberkabelen og slangen på sikt kunne være en felles slange.

Alt som er koblet til arteriekateteret som det går væske gjennom må byttes hver tredje dag. Det betyr at GlucoSet sin sensor vil maksimum være på pasienten i tre dager

før den byttes. I tillegg så må en eventuell kobling mellom GlucoSet sin fiberkabel og saltvannsslangen kunne kobles enkelt fra igjen. Det er viktig for sykepleieren å kunne se innholdet i slangen mens de er festet sammen.

Konklusjon

For å unngå ekstra ledninger er det lurt å legge til rette for at den fiberoptiske kabelen og slangen til trykkapparatet kan henge sammen. Dette kan løses med noen enkle klips langs ledningen. I tillegg kan det være lurt at instrumentene henger i nærheten av hverandre siden de er festet til samme arteriekateter.



Festeklips

Vi laserkuttet prototyper av en enkel festemekanisme som vi evaluerte i samarbeid med sykepleierne.



KNAPP PÅ LEDNING

Av tekniske grunner er det essensielt at sykepleierne kvitterer for at de skal ta en blodprøve før de trekker ut blodet som instrumentet skal kalibreres mot. Vi hadde i utgangspunktet tenkt at sykepleieren kunne kvittere for prøven på skjermen til apparatet, men siden det å ta blodprøve er en særdeles innøvd handling innså vi at dette fort kunne bli glemt. Vi så derfor etter en løsning som kunne minne sykepleierne på å kvittere på forhånd. På høyre side ser du noen av de ulike alternativene.

Knapp

Vi så at det kunne ha verdi å plassere en knapp ved stedet der sykepleieren tar prøven fra pasienten for å minne personen på dette. Ved å plassere en knapp der kan sykepleieren også bruke denne til å bekrefte stegene i oppkoblingsprosedyren, når hun kobler sensoren til. Det kan være nyttig dersom instrumentet skulle være plassert på motsatt side av sengen. Dersom man velger en knapp så kan man kombinere knappen med stedet fiberkablene kobles sammen.

Huskelapp

Et annet alternativ er å lage en huskelapp som blir plassert ved blodprøveuttaket. Dette er en mye mindre omfattende

løsning, men man mister en eventuell mulighet til å bekrefte stegene i prosessen. Det finnes eksempler der det blir brukt håndskrevne lapper på ting som er ekstra viktig, for da forstår man at det er noe folk lett glemmer.

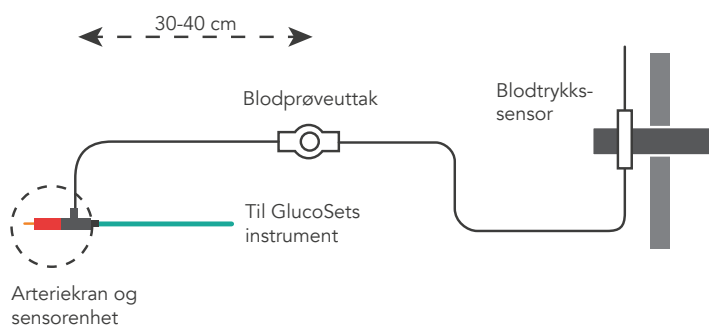
Instrukser

En annen mulighet er å gi instruksjoner på kurs om at man må kvittere før man tar blodgassprøve. Selv om instruksjoner som risikotiltak er vanlig i en sykehussammenheng vil det være suboptimalt i forhold til å designe bort problemet. Dersom man kun velger dette alternativet uten å designe en løsning vil det ikke være noe som aktivt minner sykepleieren på at hun må kvittere og man risikere at det kan bli glemt.

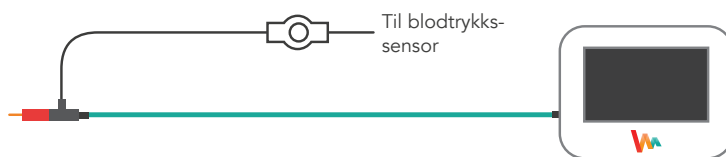
Konklusjon

Selv om vi så en verdi av å enten ha en knapp eller huskelapp på ledningen for å minne brukerne på å kvittere for å ha tatt blodprøve erfarte vi senere i prosessen gjennom evaluering med sykepleierne at behovet ikke var så stort at dette var nødvendig. Hovedårsaken til dette var at sykepleierne er svært restriktive med plassen i umiddelbar nærhet til pasientene.

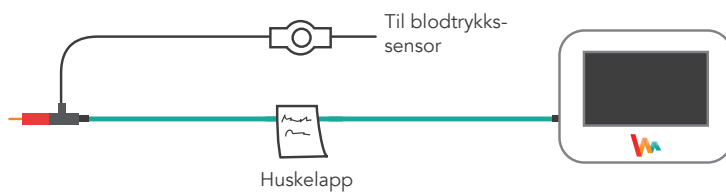
SYSTEMET



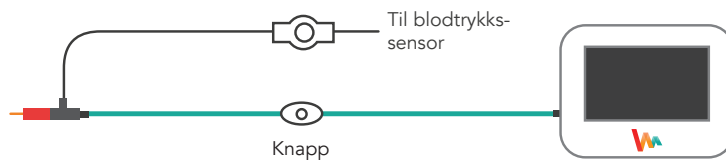
**VERKEN KNAPP
ELLER HUSKELAPP**



HUSKELAPP



KNAPP



FESTEMEKANISME

IV-stativene har ulik tykkelse, og det begrenser utvalget av relevante mekanismer som kan bli brukt. Mange gode snap-fit løsninger for rør kan ikke benyttes. Å kunne feste apparatet på rør med ulik tykkelse er essensielt.

Muligheter

Vi så nærmere på prinsippene for festemekanismene. Vi mappet en del av disse på hvor raske de var å koble til eller fra og hvor robuste de var. Figuren på siden til høyre viser et utvalg av prinsipielt ulike mekanismer. En del av de fjærbaserte mekanismene krever flere bevegelige deler og gjør systemet mer komplisert, men de muliggjør samtidig at man kan koble opp instrumentet med en hånd, i motsetning til med en skrutinge.

Sykepleierne

Sykepleierne er veldig godt vant med å bruke skrumekanismer som fungerer som tvinger. Det er også stor fokus på standardisering på sykehuset. Det er ønske om at utstyr fungerer på en mest mulig lik måte. Dette taler for å velge denne mekanismen.

Flytting av pasient

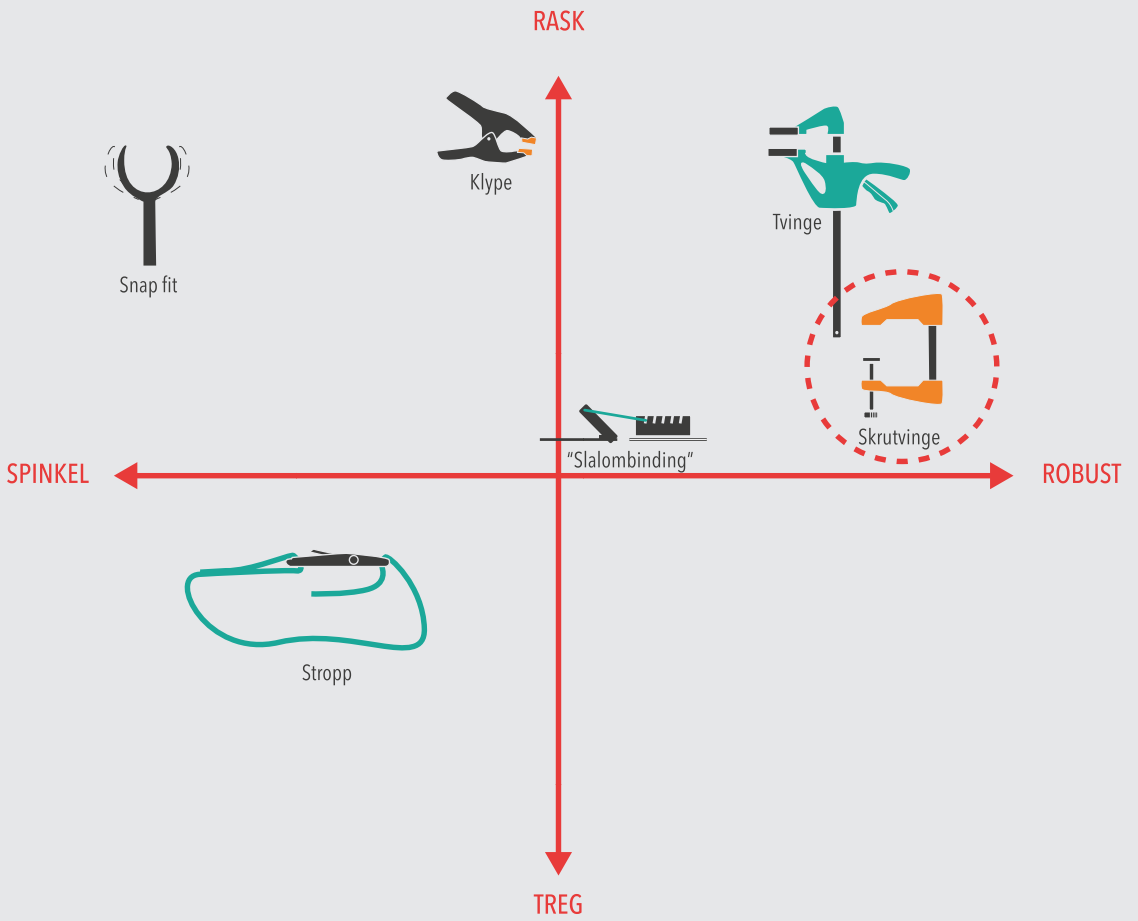
Ved flytting av pasienten, der utstyret skal følge pasienten er det viktig for sykepleierne å kunne flytte instrumentet enkelt over på et annet IV-stativ. I tillegg så vi at festemekanismen måtte være ganske robust da utstyret måtte tåle slag under flytting. I tillegg må ikke instrumentet vri seg rundt på IV-stativet når brukeren trykker på det.

Størrelse og rengjøring

Den fysiske størrelsen til festemekanismen er også en viktig parameter. I tillegg vil noen mekanismer ha flere delelinjer og steder der smuss og bakterier kan samle seg. Hvor enkelt det er å rengjøre interaksjonsflatene til festemekanismen er også en viktig faktor.

Konklusjon

En type rørtvinge er basert på et enkelt prinsipp som fort lar seg tilpasse ulike rørtykkelser. Den tar ikke opp spesielt mye plass, er robust og sykepleierne er vant til å bruke den. Det kan hende at den også kan henges på enkelte senger med noen tilpasninger. GlucoSet kan sannsynligvis finne standardkomponenter å ta utgangspunkt i.



TEST AV STANDARDKONTAKTER

Vi besøkte bedriften FOSS AS, og plukket ut de mest relevante kontaktene brukt i telekommunikasjon i samarbeid med dem. Fiberkontakten til sensorenheten er en viktig og følsom del av utstyret, og vi anså denne som en sentral del av interaksjonen med brukeren.

Metode

Vi testet kontaktene selv og fikk klassekamerater til å teste dem, for å se hvor mulige feilkoblinger kunne ligge. Vi så også på kontaktene i lys av kapittelet om "Connectors" i Handbook of human factors in medical device design (Weinger et al., 2010), og hvordan de ville brukes.

Risiko

Apparatet vil ha en algoritme som genererer feilmeldinger ved dårlig signalstyrke grunnet feilkobling av kontakter. Dette gjør at tilkobling vil utgjøre liten risiko for pasienten. For opplevelsen av apparatet i bruk vil det være utrolig viktig at apparatet har gode tilkoblinger slik at man får færrest mulig feilmeldinger.

Problemer

Gjennom enkle tester så vi at både E-2000, LC-kontakten og SC-kontakten var best i bruk. De andre kontaktene viste seg å

være mindre intuitive, og endte ofte med feilkoblinger eller spørsmål. Både E2000, LC- og SC-kontaktene hadde en god hørbar lyd når de ble koblet sammen og var raske å koble. LC og E2000-kontakten hadde en låsemekanisme som gjorde at de ikke falt ut under bruk.

Ved å se på kontaktene i lys av human factors litteratur, ble vi bevisst på andre svakheter ved SC-kontakten. Brukere prøver ofte å tvinge kontakter sammen, og denne kontakten kunne lett kobles sammen feil med litt ekstra makt.

Sykepleierne kobler ofte fra unødvendig utstyr under transport, og dersom fiberkontakten til sensoren kobles fra er kontaktfalten til fiberen svært utsatt for støv og skitt under transport. Dette talte for at E2000-kontakten som hadde en egen beskyttelseshette som åpnet seg ved tilkobling var det beste alternativet. Da vil man kunne forlenge levetiden til målekabelen betraktelig, og slippe ekstra feilmeldinger og vedlikehold.

Konklusjon

E2000 kontakten er mest egnet for å brukes mot sensor og mot instrumentet.



Utsatt fiber

Fiberkjernen er svært utsatt for støv, skitt og slitasje i frakoblet tilstand.



Størst adapter

E2000-adapteren var mest plasskrevende.



DE MEST LOVENDE

De mest relevante standardkontaktene plukket ut med veiledning fra ansatt ved FOSS AS.

Skruinnefatning

Var lett å skru inn litt skjevt.



Bajonett-innfatning

var utfordrende å tre på riktig.



Beskyttet

E2000 er den eneste kontakten med en egen beskyttelsesmekanisme.



SC-kontakten

baserte seg på en snap-fit-løsning, som kunne monteres feil i kontakten med litt ekstra makt.



LC-kontakten

Den enkleste og minste kontakten.



GIGA MAPPING

Vi brukte giga mapping for å få en oversikt over suksesskriterier knyttet til GlucoSets apparat basert på innsikt fra aktører vi hadde vært i kontakt med. Vi så også på relasjonene mellom de ulike aktørene for å se om kriterier fra én aktør eventuelt kunne ha noen innvirkning på kriterier fra en annen.

Det ble laget en forenklet utgave av kartet gjennom figuren "Fra utvikling til sluttbruker" i starten av markedskapittelet. Vi mappet også fordeler og ulemper knyttet til smart-system-komponenten i samarbeid med Nicolas. Der brukte vi det som en måte å knytte kunnskapen til Nicolas og oss sammen på. Vi trakk med oss noe av essensen fra mappingen inn i figuren og teksten om smart-systemer på de neste sidene.

Om valg av metode

Giga mappingen hjalp å gjøre den overordnede informasjonen mer synlig og fysisk. Det var lettere å strukturere informasjonen og å få et helhetlig bilde av systemet GlucoSets apparat kom til å bli en del av. Vi merket også at for å få en oversikt var vi avhengig av å planlegge litt hvordan vi la informasjonen utover for å unngå kaos. Det kan igjen ha påvirket litt hvordan vi strukturerte informasjonen og hvilke relasjoner vi så.

SUKSESSKRITERIER

Et lite utsnitt fra et kart vi laget for å få en oversikt over suksesskriteriene knyttet til GlucoSets instrument.

ANSKAFFELSE

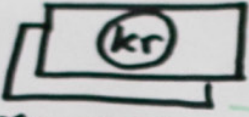


MEDIA

DEBTE LØSNING
BY BEHANDLING

INAKTIVITET SIKKERHET

FÅR MÅLT GJENNOM



ØKONOMI
AVDELINGEN

PRIS
/LØSNING

HAR OFTE
SIN EGEN-

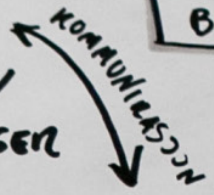
SPARE
TID

RELIGIØSE EFFEKTER
- FØLELSER
- AKTIVITET
- SLEPPET PÅ
- ...



STATENS
BEHOV

LEGER/
ØVERLEVEN



SMÅTT

"ENKELT
OG
FUNKSJON
CHANGE



SYKEHOSET



UNDERAVDELINGEN

UTSTYRS
KONTROLL

FORVENTNINGEN



IT TECH

INT
1
PÅVIRKING

PERSONVERN
STANDARDISERING
- INTEGRASJON

RELASJONER

TRENDER

BY

SMART-SYSTEM

Basert på samtaler med teknisk avdeling på St. Olavs, leverandøren Vingmed AS, overlege ved intensivsen på St. Olavs og sykepleiere mappet vi i samarbeid med Nicolas mulighetene og fordelene knyttet til å inkludere en smart-system-komponent lignende den Cognita Connect tilbyr i apparatet.

Verdi for GlucoSet

En smart-system-løsning gjør at GlucoSet kan få en tettere relasjon mot sluttbrukeren. De grønne pilene i figuren til høyre viser hvordan penger, instrumenter, engangsutstyr og informasjon ofte forflytter seg i verdikjeden. Produsenter mister ofte viktig informasjon om bruken av instrumenter og engangsutstyr i distribusjonsleddet. De røde pilene viser hvordan viktig informasjon kan bevege seg mer direkte fra instrumentet til GlucoSet gjennom å inkludere en smart-system-komponent. I fremtiden kan man tenke seg at GlucoSet kan lære og optimalisere produktet på samme måte som mange nettsideleverandører gjør med analyseverktøy for nettsider idag.

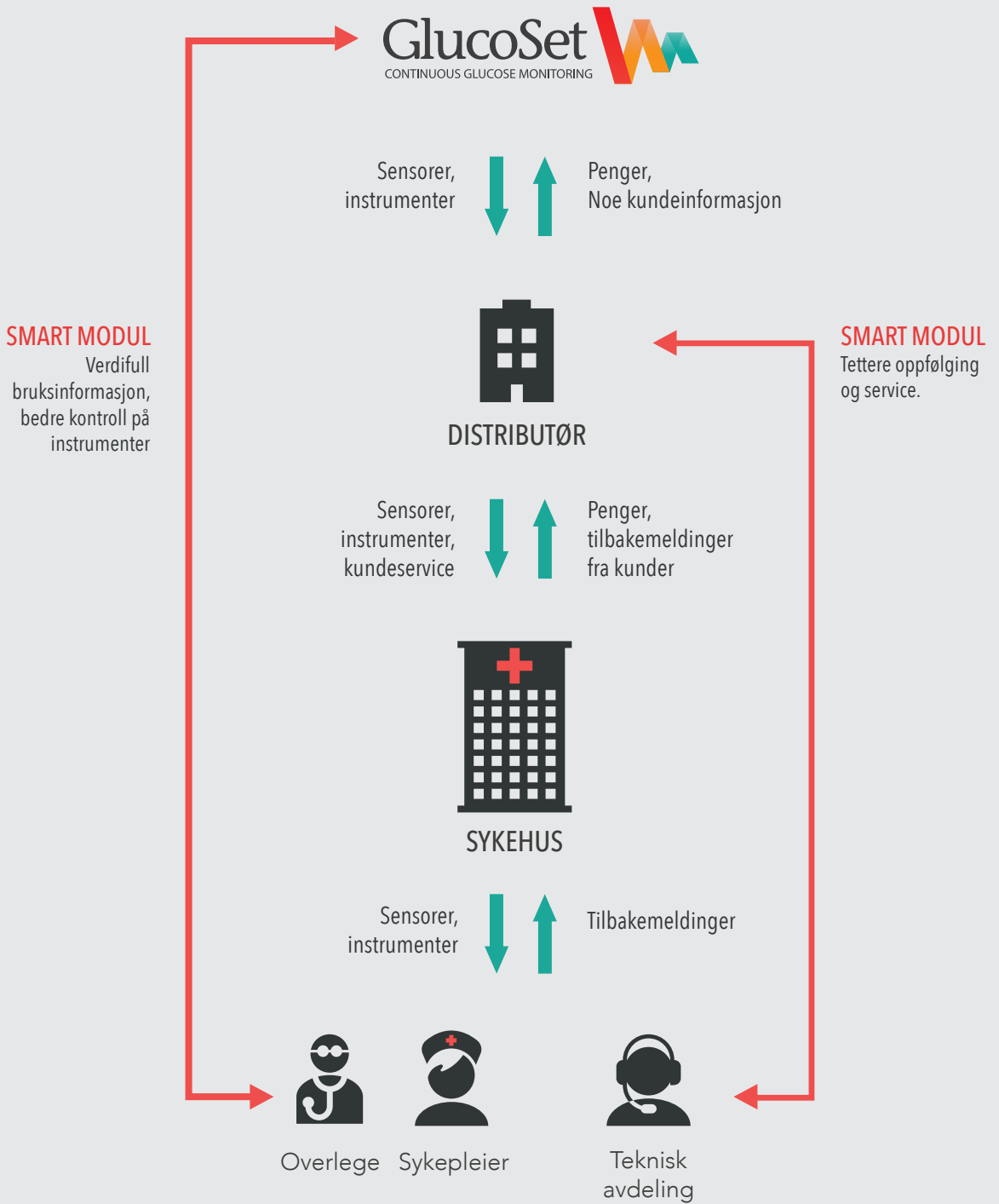
Ved å inkludere Cognita Connect-modulen, kan GlucoSet stå sterkere i en forhandlingssituasjon med distributører

ved å ha bedre oversikt over kundene, hvor mye instrumentene brukes og oppetid på instrumentene. Dersom GlucoSet legger instrumentet på et lavt prisnivå for å tjene penger på engangsenheter, så kan de bruke denne typen informasjon for å følge opp at distributørene tilbyr nok opplæring, service og lignende. Å selge eller leie ut instrumentene til en lav pris vil kreve en høy kapitalkostnad ved start, og da vil det ha stor verdi å kunne følge opp at instrumentene er i bruk.

Annen forretningsmodell

Å inkludere en smart-komponent åpner for at bedriften kan ha andre forretningsmodeller, som å tjene penger per tid instrumentet er i bruk. Ved et fremtidsscenario der man har en lukket reguleringsløyfe eller "åpen-lukket" reguleringsløyfe, der instrumentet regulerer eller foreslår insulindoser og instrumentet må ha en algoritme for justering av blodsukker, så kan man ta betalt per tid algoritmen er i bruk.

De fleste sykehus er konservative med tanke på innkjøp, men pris er en viktig faktor. Dersom andre forretningsmodeller fremstår som rimeligere for sykehuset kan de allikevel bli valgt.



Teknisk avdeling

Ved St. Olavs Hospital er det teknisk avdeling som har hovedansvaret for anskaffelsesprosessen. Pris er en viktig faktor her, og dersom smart-system-modulen kan gjøre at service kostnader og lignende synker, mens instrumentets opptid er høy, vil det telle positivt for sykehusene. Billigere fjernservice, oppdatering og-konfigurering er det som vil ha mest verdi for sykehusene. For sykehus som St. Olavs som ligger et godt stykke fra leverandørene vil det ha stor verdi å kunne spare service-utgifter. Idag er ikke service-funksjonalitet innebygget i modulen vi har sett på.

Smart-system-modulen har også funksjonalitet som kan gjøre logistikken av engangsutstyr til sykehuset bedre og GPS-sporing som gjør at man kan finne instrumenter som er borte. Vi ser at dette er funksjoner sykehusene har behov for, men at spesialløsninger for noen instrumenter vil ha liten verdi. Sykehusene legger vekt på å bygge opp systemer som de kan bruke for alle instrumenter, og da vil det for eksempel

gi liten verdi å ha et eget logistikksystem for GlucoSet sitt engangsutstyr.

Personvern

Det er en del skepsis ved mange sykehus til all teknologi som sender informasjon ut av sykehuset. Ifølge daglig leder ved Vingmed AS vil mange sykehus stille seg kritisk til at en tredjepart har informasjon om deres forhold til blodsukker og kan sammenligne dem med andre sykehus. I tillegg er det mye skepsis til å sende ikke-sensitiv data ut, da det har vært eksempler på at sensitiv informasjon har fulgt med.

Overlege

Det kan være muligheter for å lage statistikk som gjør at overleger ved ulike sykehus kan holde oversikt over hvor godt avdelingen har passet på blodsukker. Man kan tenke seg at sykehuset kan se hvor flinke de har vært til å holde seg innenfor deres definerte område. Videre kan det være en idé at man kan sammenligne seg med andre anonymiserte sykehus for å se hvordan man totalt ligger an. Dette kan være med å

skape et større fokus på blodsukker.

Det er en del muligheter og idéer knyttet til denne typen informasjon, men tilbakemeldingen vi fikk fra overleger var at dette bare var en av mange parametere, og at det derfor ikke var så interessant. Hvis de skulle fått denne typen informasjon måtte det vært i ferdiggenererte statistikk, som ikke krevde noe ekstra innsats fra overlengen.

Sykepleierne

I Norge ville det ifølge teknisk avdeling være vanskelig å introdusere denne typen teknologi. Sykepleiernes fagforening stiller seg sterkt kritisk til all introduksjon av teknologi som oppfattes som overvåkende. Dette begrenser en del av mulighetene til hva informasjonen kan brukes til, og det må skrives gode intensjonsavtaler. Sykepleierne vil ikke se noen direkte fordeler av enheten, med unntak av potensielt raskere service og høyere oppetid på instrumentene.

Konklusjon

Det er en del barrierer knyttet til å bruke denne typen teknologi. Fordelene vil først og fremst ligge strategisk i samarbeidet med distributører og potensielt i mulighetene til tettere oppfølging av distributører og sykehus. Sykepleiere, leger og overleger vil oppleve svært liten effekt av mulighetene enheten tilbyr idag.

Vi har konkludert med at man ikke bør ta med denne typen teknologi i første utgaven av produktet. Vi valgte å prioritere størrelse og det som påvirker sykepleieren i brukssituasjonen og nedprioritere denne typen ekstrarfunksjonalitet. Funksjonaliteten åpner for mange muligheter, men vi ser at GlucoSet kan fortsette med sin forretningsstrategi fokusert rundt engangssensoren kombinert med å bygge relasjoner med distributører. Dette er en midlertidig konklusjon ut fra det vi har sett gjennom vårt kvalitative studie. Man kan se for seg at den generelle instillingen til et smart-system kan se annerledes ut ved andre sykehus, i andre land og frem i tid.

INTERAKSJONSNIVÅER

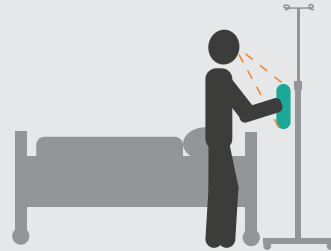
I arbeidet med å designe enheten ble det tydelig for oss at brukeren interagerer svært ulikt med enhetene på intensivavdelingen i ulike situasjoner. Enhetene varierte mellom å være nesten usynlige til å være hovedfokus for en diskusjon mellom sykepleier og lege. I arbeidet med grensesnittet skilte vi mellom de tre interaksjonsnivåene vist på høyre side. Vi brukte disse til å prioritere hvilken informasjon som burde være synlig til hvilken tid. Hvordan dette påvirket utformingen av grensesnittet kan du lese mer om på de neste sidene.

Aktiv og passiv rolle

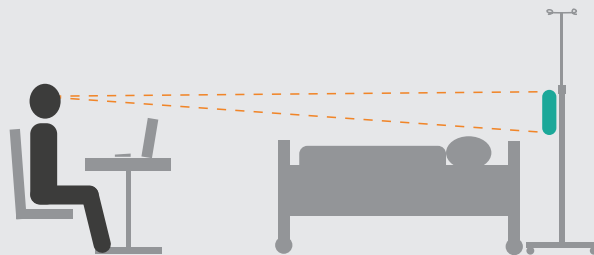
Vi så også et skille mellom at instrumenter kunne ha en passiv og aktiv rolle. Mesteparten av tiden vil instrumentet kun være i rommet uten at det trenger at sykepleieren gjør noe med det. Blikket hennes vil kanskje streife forbi instrumentet en gang iblant for å sjekke om verdiene er normale. Med en gang hun oppfatter at noe ikke er som det skal eller hun trenger å passe ekstra på blodsukkeret, går apparatet over i en mer aktiv rolle.

Interaksjonsnivå 1

Her er brukeren innen armlengde avstand fra instrumentet og har aktiv fokus på instrumentet. Brukerne skal kunne lese all grafikk tydelig og uten problemer.

**Interaksjonsnivå 2**

Brukeren sitter eller står et godt stykke unna instrumentet, men sjekker status på instrumentene en gang iblant ved å ta et raskt blick opp. Fra denne avstanden vil kun større informasjon og grafikk synes.

**Interaksjonsnivå 3**

Ved interaksjonsnivå tre er brukeren gjerne opptatt med noe annet og har ryggen vendt bort fra pasienten. Dette er spesielt relevant ved intensivavdelinger i andre land, der det er lavere bemanning enn i Norge. Her vil lyd spille en viktig rolle.



GUI 2.0

Etter å ha fått innspill på versjon 1 av det grafiske brukergrensesnittet fra sykepleiere på Bærum og Drammen sykehus begynte arbeidet med å lage en prototype med en høyere detaljnivå. Mens formålet med de tidlige prototypene på iPhone og iPad hovedsaklig var å få igang en diskusjon rundt den generelle oppbyggingen til grensesnittet, var målet med versjon 2 å få innspill på et høyere detaljnivå. Vi valgte derfor å droppe det skissede filteret vi hadde brukt på den første versjonen. Prototypen ble laget med tegneverktøyet Sketch og gjort interaktiv i prototypeverktøyet Axure.

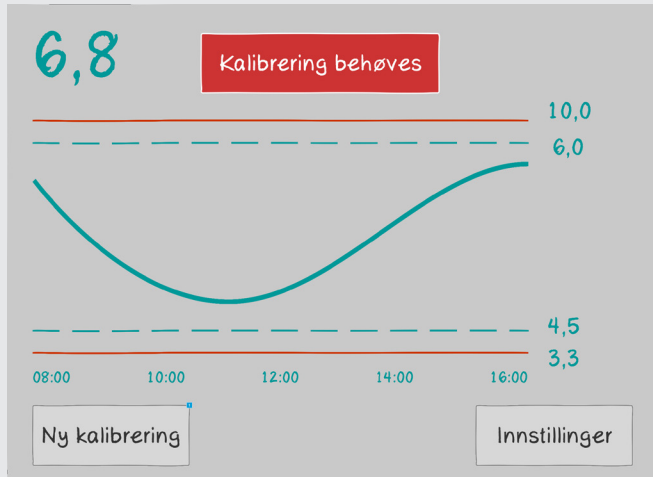
På dette tidspunktet i prosessen hadde vi bestemt oss for at apparatet skulle ha en resistiv touchskjerm på 7 tommer med oppløsning på 800 x 480 piksler. Dette gjorde det enklere å ta designvalg da vi fikk konkrete størrelser å forholde oss til. Dersom vi var i tvil om størrelsen på en knapp kunne vi gjøre en korridortest for å bekrefte om det fungerte eller ikke. De neste sidene tar opp viktige faktorer som avgjorde utformingen av versjon 2 av det grafiske grensesnittet.

VERSJONER **I→**

Så langt i prosessen har vi laget flere versjoner av det grafiske grensesnittet. De ulike versjonene har hatt ulike formål.

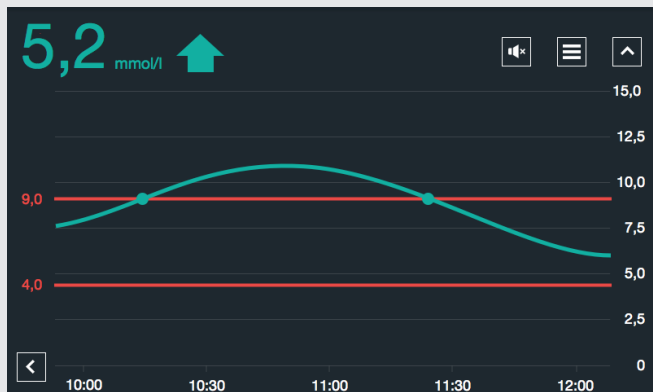
VERSJON 1

Laget i Axure med et filter som gjør at skjermelementer ser uferdige og skissede ut. Målet med denne versjonen var å få innspill på den generelle strukturen til systemet.



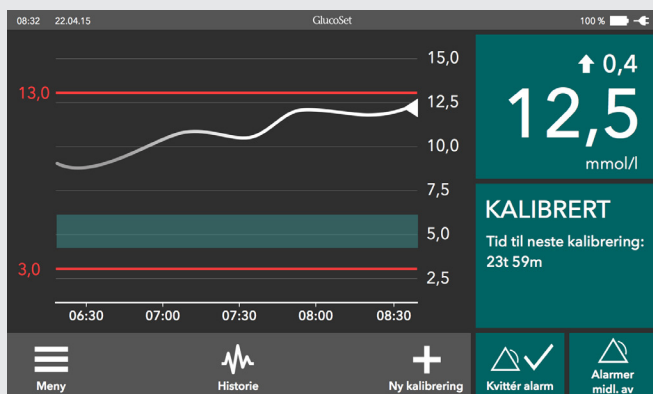
VERSJON 1.5

Laget på veldig kort tid for å overbevise en potensiell investor om at GlucoSet hadde begynt å tenke på design. Denne versjonen var ikke spesielt gjennomtenkt brukbarhetsmessig.



VERSJON 2

Laget i Axure og Sketch. Denne versjonen ble brukt til brukbarhetstesting med intensivsykepleierne på St. Olavs.



GUI STRUKTUR

Lagdelt informasjon

Vi innså etterhvert at vi ble vi nødt til å gjøre en prioritering på hvilken informasjon som var vital for brukeren på hovedskjermbildet, og hvilken informasjon som kunne ses på som mindre viktig. Vi begynte derfor å jobbe med en lagdelt fremstilling av informasjonen i det grafiske grensesnittet.

Lag 1

I det ytterste laget finner vi informasjon som er helt vital, som den nåværende glukoseverdien til pasienten. Denne informasjonen er godt synlig på avstand og inngår i interaksjonsnivå 2 (se side 234). I tillegg til dette vil informasjonen her være synlig uavhengig av hva man ellers foretar seg i grensesnittet. Dersom man på interaksjonsnivå 1 beveger seg inn i en undermeny for eksempel for å stille på alarmgrenser, vil lag 1 fortsatt være synlig.

Lag 2

Her finner vi informasjon som er viktig for sykepleieren med tanke på sikkerhet, men som ikke er like kritisk som lag 1. Dette laget inneholder enkelte elementer som i er synlige på avstand uten å være like dominerende som i lag 1. I likhet

med lag 1 er laget synlig uavhengig av hva man foretar seg ellers i grensesnittet. Hovedforskjellen mellom lag 1 og 2 er at lag 2 er litt mer dynamisk ved at det gir kritiske beskjeder til brukeren om statusen til systemet. Beskjeder angående kalibrering og alarmknapper inngår her.

Lag 3

Her finnes informasjon som hovedsaklig er synlig på interaksjonsnivå 1. Dette er informasjon som kan være nyttig for brukeren men som ikke er kritisk under monitorering. Her finner vi en graf som viser hvordan glukoseverdien har vært de siste to timene samt kalibreringsprosedyrer, menyer og innstillinger.

Fliser og flatt design

I versjon 2 av grensesnittet valgte vi å gå for en flisbasert layout inspirert av det man finner i for eksempel Windows 8. Fliser kan være et bra alternativ for å signalisere at noe er trykkbart. Det gjør i tillegg grensesnittet relativt modulært samt at det bidrar til å skille de ulike informasjonslagene fra hverandre. Vi valgte også å gå for et relativt flatt design for å følge trenden man ser innen app- og webutvikling.



VISUALISERING AV DATA

Visualisering av vitale data knyttet til pasienten er noe vi har arbeidet mye med. Gjennom kortsorteringsøvelsen vi gjorde på Bærum og Drammen sykehus (se side 200) fikk vi en viss innsikt i hvilke vitale data sykepleierne anså som viktigst og hvilke de så på som mindre viktige. Deres innspill var med å bestemme hvilke data som ble plassert i hvilke lag i grensesnittet.

Når det kommer til visualisering har vi hentet mye inspirasjon fra andre apparater på sykehus. Å kunne bli kjent med symbolikk og interaksjonsmønstrene sykepleierne allerede er vant til har vært nyttig. Utover dette har vi vært bevisste på at de apparatene vi har hentet inspirasjon fra har målt helt ulike verdier, noe som igjen setter forskjellige rammer for utforming. På en pasientmonitor som viser puls vil det for eksempel være liten vits å ha en trend som viser hvordan pulsen har vært den siste timen. Puls visualiseres vanligvis med en overlappende trend som endrer seg på et intervall på et par sekunder. For blodsukker som endrer seg mye saktere vil en trend som viser de siste timene være mer aktuelt.

Data-ink ratio

Data-ink ratio refererer til i hvilken grad de grafiske elementene i en datavisualisering representerer relevant informasjon for en bruker (Wickens et al. 2013). Ifølge Wong (2011) bør bruk av elementer som ikke bærer med seg informasjon begrenses. Det er likevel viktig å ikke strekke data-ink prinsippet så langt at dataen blir abstrahert til et nivå der det går ut over situation awareness. For vår del ble det en avveining mellom det vi basert på intervjuer og co-design med sykepleiere anså som nødvendig informasjon, og hva som var synlig på avstand. Her spilte lagdelingen i det grafiske grensesnittet en viktig rolle.

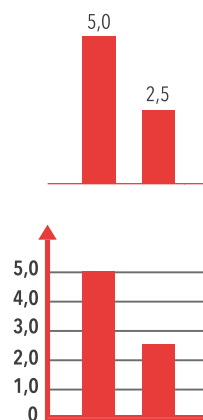
MULIGHETER ↗

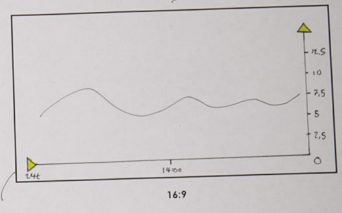
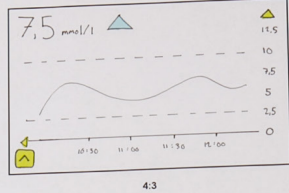
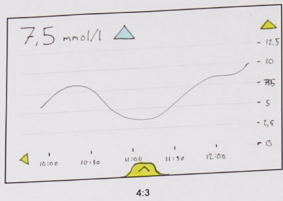
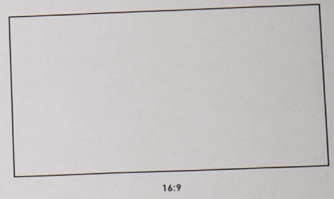
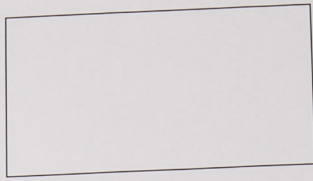
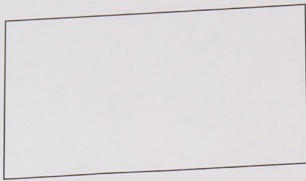
Det finnes mange måter å fremstille glukoseverdien til sykepleierne på.

SITUATION AWARENESS:

The perception of elements in the environment within a volume of time and space, the comprehension of their meaning, and the projection of their status in the near future (Endsley 1995b).

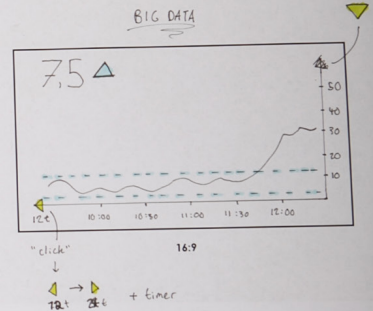
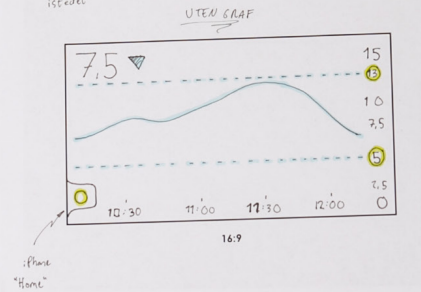
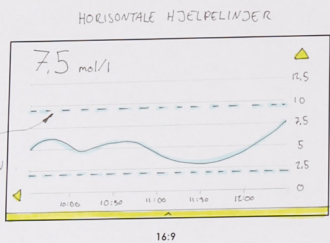
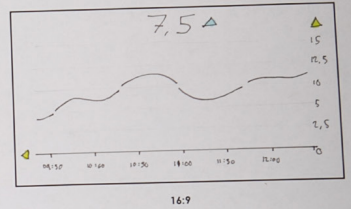
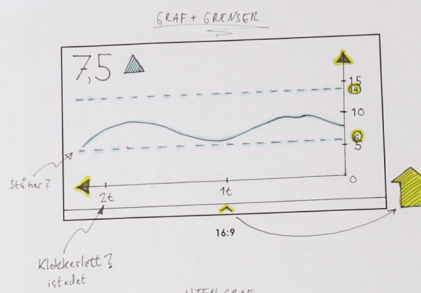
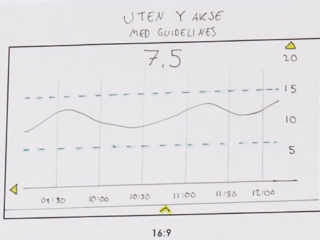
HIGH/LOW DATA-INK RATIO ↘





246

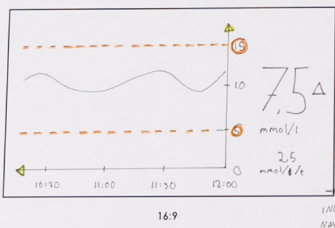
SNUE SEG



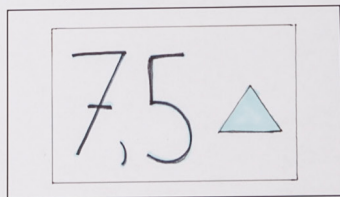
DU GRENSE
SMIDE
N
L
RE
CLICK

"Phone Home"

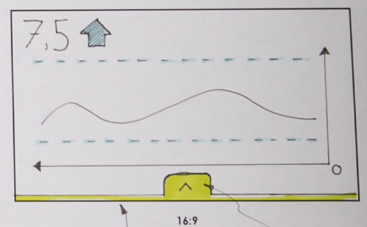
"click"
↓
10:30 → 11:00 + timer



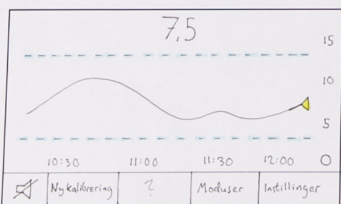
INGEN NAVBAR



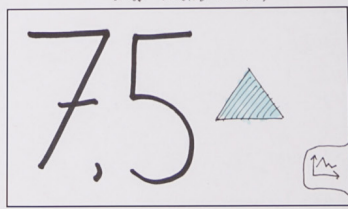
KUN TRYK PÅ SKJERM FOR Å FÅ TREND



EVT: INGEN? → BÅD ER IKKE I VERDEN (TA) MER SKJULT

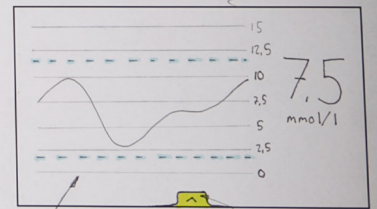


SENTRETT



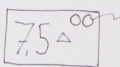
KUN TALL (MED TREND KNAPP)

PLASSERING



KUN HJELPELINJE (BAD DATA INK RATIO)

KUN KNAPP



EVT: ANU TREND BAR + ALARM

Akser på trend

Hvilket intervall man velger på aksene vil påvirke lesbarheten til trenden. Sykepleiere og leger kaster ofte et kjapt blikk på skjermene for å få en oversikt over pasientens status. Dette gjør at standardisering av utstyr innad på sykehuset er noe som er svært ettertraktet. Dette er spesielt ønsket hos legene som i større grad enn sykepleierne beveger seg mellom ulike rom. Selv om intervallene på aksene er noe som sykehusene selv ønsker å kunne stille på basert på egne protokoller, har vi laget et standardoppsett basert på den innsikten vi har opparbeidet oss

På x-aksen på trenden som viser tid har vi valgt et intervall på to timer. På oppfordring fra sykepleierne har vi også lagt til en historiefunksjon der man kan se grafen de siste 12 og 24 timene.

Å velge et standardintervall for y-aksen var en større utfordring. Selv om flertallet av intensivpasienter vil ha et blodsukker mellom 4 og 14 mmol/l hender det at det kommer inn pasienter med blodsukkerverdier som er betydelig høyere enn dette. Da vi var på St Olavs var vi på rom med en pasient som hadde hatt et blodsukker som lå nærmere 60 mmol/l da hun ble lagt inn.

Normalisering

På y-aksen så vi først en mulig løsning ved å normalisere grafen. Det vil si at verdiene på y-aksen endrer seg basert på hvor høyt grafen ligger. Dersom blodsukkeret er

høyt vil aksene skalere seg slik at grafen dekker et størst mulig område av skjermen. Ifølge intensivoverlege Pål Klepstad er normalisering av grafen noe sykepleierne synes er praktisk, men som legene liker dårlig. Legene som er innom pasienter i korte tidsrom ser gjerne kun på grafen og ikke aksene, som gjør at de kan få et feil bilde av pasientens status.

Logaritmisk skala

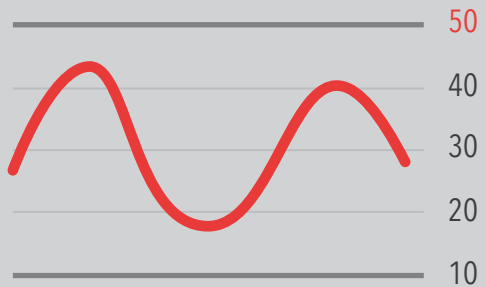
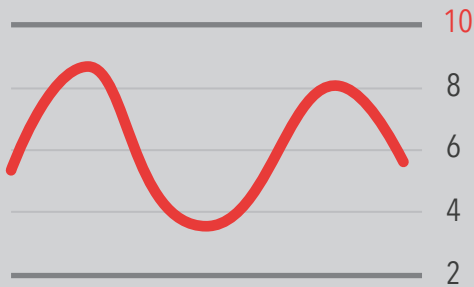
Et alternativ til normalisering er å bruke en logaritmisk skala på aksene. Med en slik skala ville grafen dekket et relativt stort område ved lavere blodsukkerverdier, samtidig som den er synlig ved høyere verdier. Problemet med en slik skala er at endringer i blodsukkeret blir mindre synlige ved høyere verdier som er farlig for pasienten.

Flere intervaller

Det siste alternativet som vi har valgt i versjon 2 grensesnittet er at man har flere definerte intervaller på aksene eller moduser. For å ikke få samme problematikk som ved normalisering er det viktig å begrense antallet intervaller samtidig som det må tydeliggjøres om man beveger seg over i et annet intervall. Vi har valgt to intervaller der det ene er et slags standardintervall (2,5 - 15 mmol/l), som vil fungere i de aller fleste tilfeller, mens intervall nummer to representerer en hypermodus som går helt opp til maksverdien av det GlucoSet kan måle. Denne verdien er foreløpig ikke testet av GlucoSet.

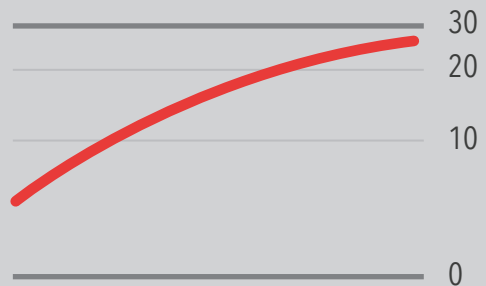
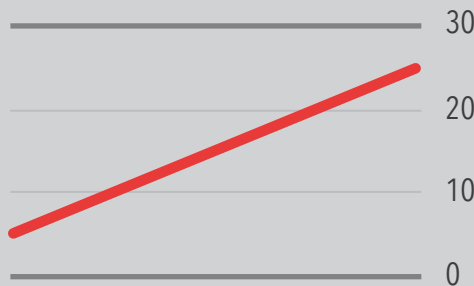
NORMALISERING

To grafer som ser like ut kan bety noe helt forskjellig



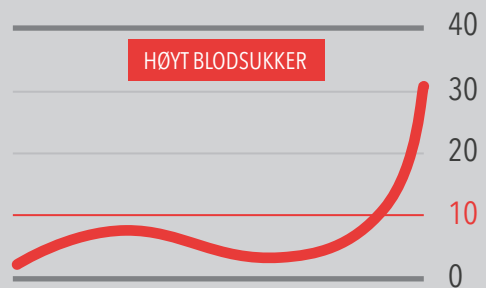
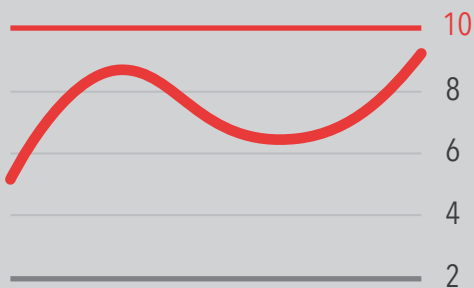
LOGARITMISK SKALA

Endringer ved høye verdier blir mindre synlige



FLERE INTERVALLER

Et intervall for lave-og et intervall for høye verdier




GUI OG WORKFLOW

Oppkobling mot pasient og kalibrering er de oppgavene der sykepleierne er nødt til å interagere med apparatet sammenhengende over lengst tid. Hvordan man legger til rette for disse prosessene i det grafiske grensesnittet vil ha mye å si for sykepleiernes workflow.

Oppkobling

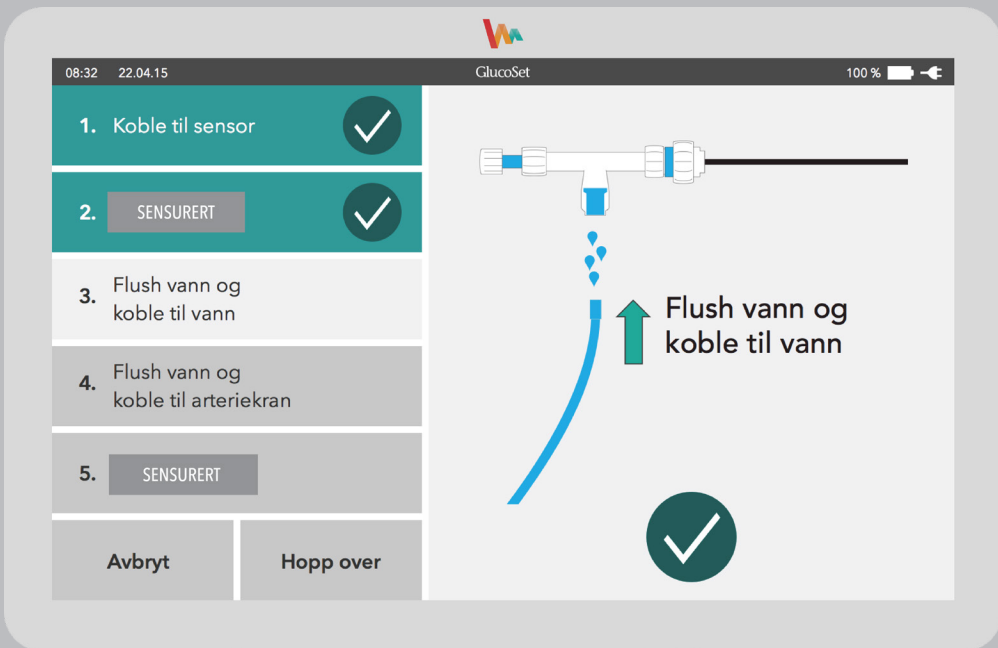
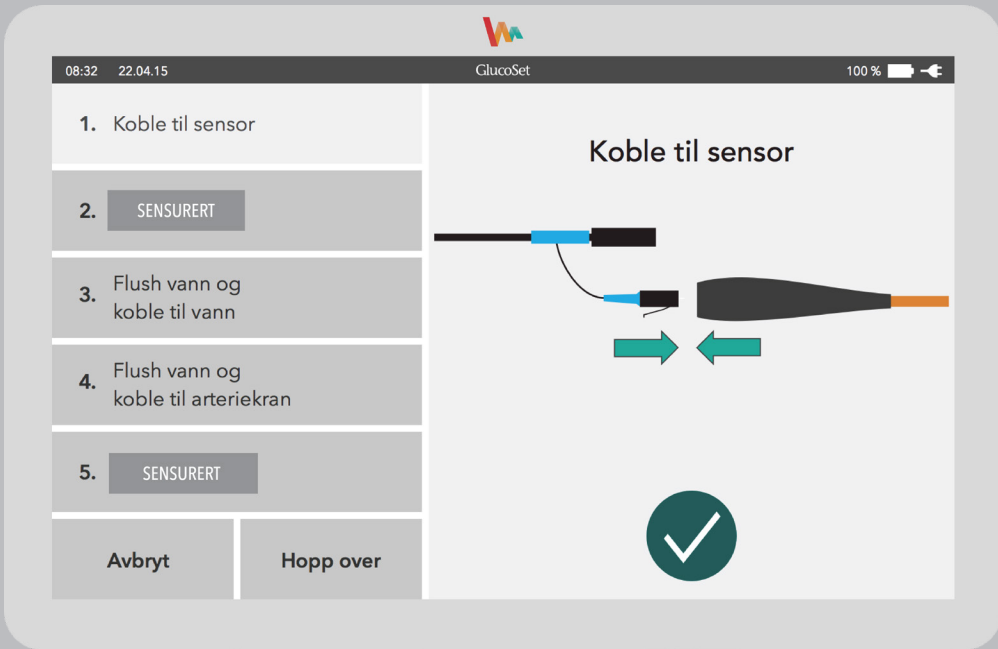
Som nevnt tidligere ønsket vi å inkludere en sjekkliste i grensesnittet som hjelp til sykepleierne, siden det er viktig at alle stegene i oppkoblingsprosedyren blir gjort i riktig rekkefølge, for at teknologien skal fungere som den er tenkt. Den største utfordringen her var kanskje hvordan man innfører et nytt element i en allerede automatisert workflow. I det grafiske grensesnittet valgte vi å beskrive de ulike stegene i prosessen med ord og figurer. Selv om det i denne versjonen kun er brukt statiske figurer kan man se for seg at animasjon er et virkemiddel som kunne gjort stegene enda mer intuitive. Dette er noe man finner i andre maskiner som sykepleierne er vant til. Et eksempel er blodgassmaskinen på St. Olavs. Sjekklisten har en lineær struktur som ifølge Wickens et. al (2010) er godt egnet på apparater som skal brukes av personer med lite eller ingen trening, når det er viktig at stegene gjøres i riktig rekkefølge.

Kalibrering

Når apparatet er koblet opp mot en ny pasient vil det være ukalibrert. Det vil si at verdien til blodsukkeret befinner seg innenfor et intervall på  Ved lave glukoseverdier vil en slik unøyaktighet i prinsippet gjøre apparatet ubrukelig siden marginene ved lave verdier er relativt små. Ved høye glukoseverdier kan det derimot gi en verdi å vite om blodsukkeret er på vei opp eller ned.

SJEKKLISTE I→

En sjekkliste med en linær struktur kan fungere bra når en prosedyre må gjøres i en bestemt rekkefølge (Wickens et. al 2010).



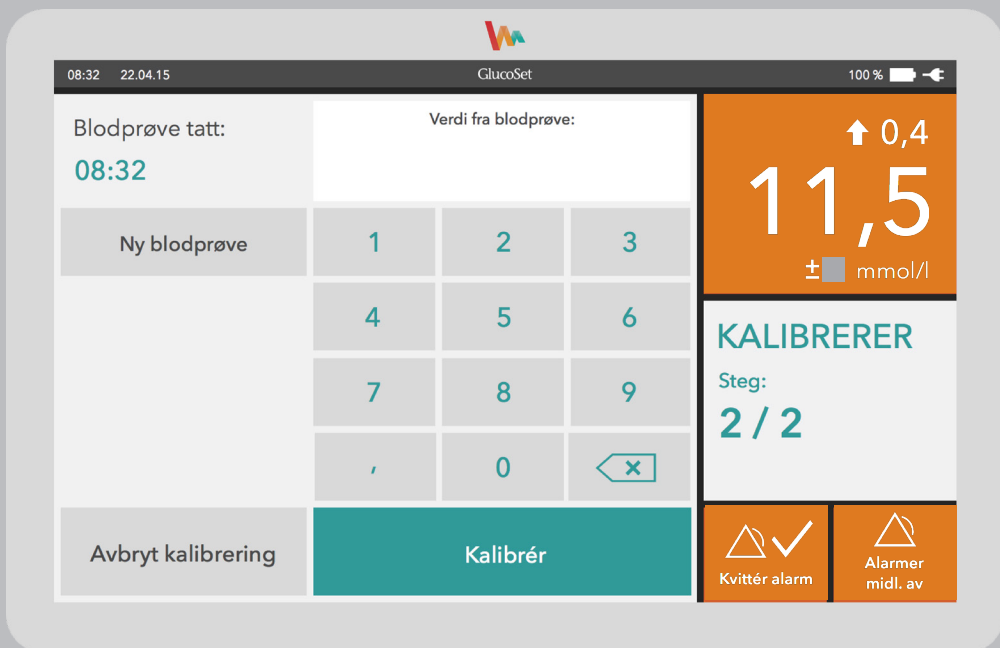
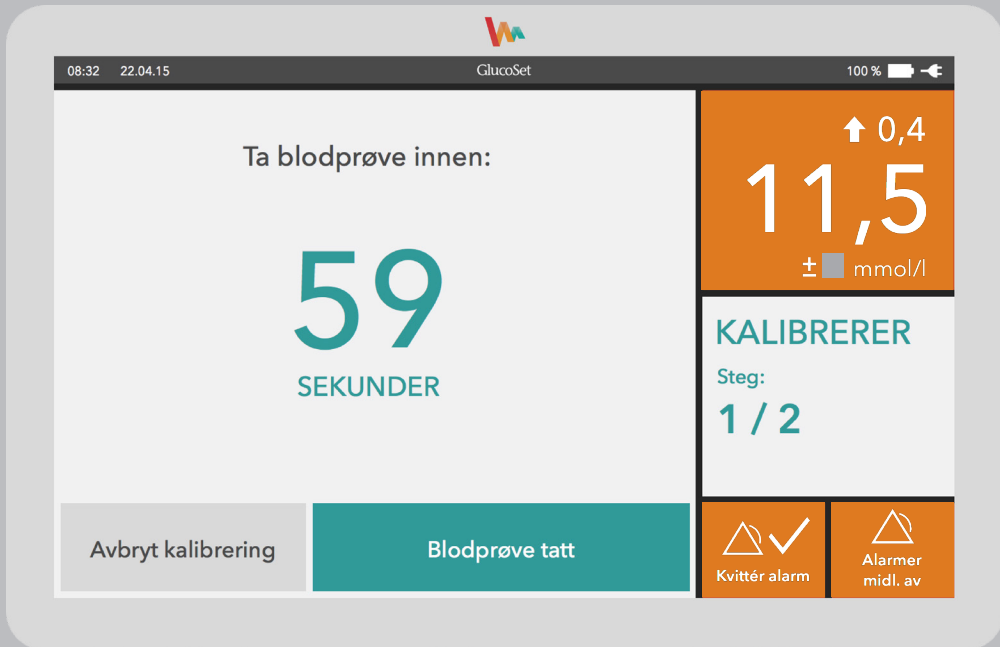
Selv om sykepleierne har sagt at de i prinsippet ikke vil stole på verdien på apparatet før det er kalibrert, har vi valgt å inkludere den ukalibrerte glukoseverdien i grensesnittet, fordi det kan bidra til å øke sykepleiernes situation awareness. Her har vi også brukt virkemidler som en oransje bakgrunnsfarge for å tiltrekke oppmerksomhet og signalisere behov for kalibrering.

Kalibreringsprosedyren gjennomføres ved å ta en blodprøve av pasienten som fungerer som en referanseverdi. Denne må så analyseres før blodsukkerverdien testes manuelt inn på apparatet. Det som er noe spesielt med denne prosedyren er at sykepleierne er nødt til å kvittere for at de har tatt prøven innenfor et kort tidsintervall. Siden blodsukkeret har en tendens til å stige umiddelbart etter at man har tatt en blodprøve er dette steget viktig for at man skal få en riktig referanseverdi. Kvitteringen er ment som et sikkerhetstiltak der sykepleierne bekrefter at de tok prøven innen tiden (ett minutt). Sykepleierne bruker forøvrig vanligvis ikke mer enn et halvt minutt og ofte enda mindre på å ta en blodprøve.

Hovedutfordringen her er at det å ta blodprøve er en svært innøvd prosess for sykepleierne. Ved å innføre et nytt element i workflowen risikerer man at det er noe som blir glemt. Hvordan man designer for en situasjon der sykepleieren ikke rekker å ta prøven innen tiden vil også være avgjørende med tanke på risikohåndtering. Her innså vi at vi ikke rakk å designe en god løsning på dette problemet til testen av versjon 2. Dette ble derfor utelatt til neste iterasjon. Vi valgte istedet å ha en åpen dialog med sykepleierne om hva de tror de hadde gjort i en slik situasjon.

KALIBRERING I TO STEG **↳**

Kalibreringen er en tostegsprosess. I steg 1 må det tas en blodprøve innen et gitt tidsintervall. Prøven må deretter kvitteres for. Denne blir så sent til analysering. I steg 2 må verdien fra den analyserte prøven testes inn på apparatet.



FARGER OG KONTRASTER

Siden apparatet skal brukes i en kontekst der lesbarhet er spesielt viktig brukte vi prinsipper fra universell utforming fra Direktoratet for forvaltning og IKT (2015) når vi utviklet versjon 2 av grensesnittet.

Når det kommer til lesbarhet handler universell utforming mye om strørrelse på tekst og kontrastforholdet mellom tekst og bakgrunn. Blant webutviklere skiller man mellom to hovednivåer av lesbarhet; AA og AAA, der AA er det laveste godkjente nivået. Her brukte vi et enkelt program for å teste kontrastforholdet.

I det grafiske grensesnittet ønsket vi i utgangspunktet å bruke fargene til GlucoSet (grønn, oransje og rød) da disse også fungerer bra til å fargekode skjermelementer og indikere de ulike statusene til systemet. Her erfarte vi likevel at fargene måtte tilpasses for å oppfylle kravene knyttet til universell utforming. Vi opplevde en konflikt mellom lesbarhet og det å tydelig indikere de ulike statusene til systemet.

I versjon 2 av det grafiske grensesnittet ble dette løst ved å velge en mørkere nyanse på bakgrunnsfargene for å holde kravene til universell utforming. Vi klarte likevell ikke å oppnå AAA nivå på alle de grafiske elementene. Ved systemstatusen "ukalibrert" som har en oransje farge i GUI versjon 2 er for eksempel kontrasten mellom skrift og bakgrunn på alarmknappene akkurat innenfor AA kravet. I versjon 3 av det grafiske grensesnittet ble fargene ved denne statusen endret. Vi valgte da en positiv kontrast polaritet (Weinger, 2010) med mørk skrift på en gul bakgrunn.

KONTRAST VS STATUS I→

Konflikten mellom å oppnå et godt kontrastforhold og å opprettholde et tydelig skille mellom systemstatusfargene rødt og oransje var en utfordring. Her hadde vi flere strategier. Vi ønsket i utgangspunktet å bruke hvit skrift på en farget bakgrunn for å spre statusfargen utover et større areal og dermed synliggjøre statusen til systemet.

ALARM! ↓

Rød er en bra farge til å signalisere at det bør gjøres en umiddelbar handling.

ALARM

Høyt blodsukker

TYDELIG ORANSJE

En ren oransje bakgrunnsfarge er synlig i tillegg til at fargen ofte forbindes med en advarsel. Fargen finnes også i logoen til GlucoSet. Selv om dette var fargekombinasjonen vi gikk for i GUI versjon 2 innså vi i etterkant at fargen var alt for lik rød og at vi burde vurdert en farge med mer gult i seg for å skille disse.

UKALIBRERT

Trykk for å kalibrere



MØRKERE BAKGRUNN

Vi vurderte også å bruke en mørkere oransje for å få et bedre kontrastforhold mellom skrift og bakgrunn. Ved å tilføre mer svart eller rødt fikk vi en mørkere farge. Ulempen her var at fargesymbolikken ble mindre tydelig i tillegg til at fargen ble mer lik rød som var fargen vi hadde valgt for alarm.

UKALIBRERT

Trykk for å kalibrere



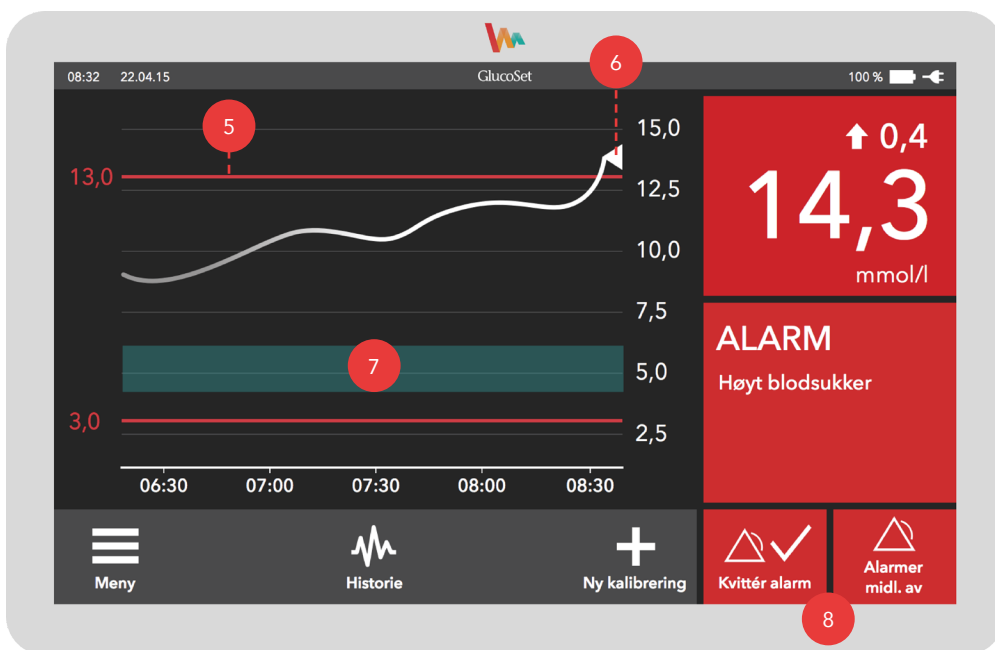
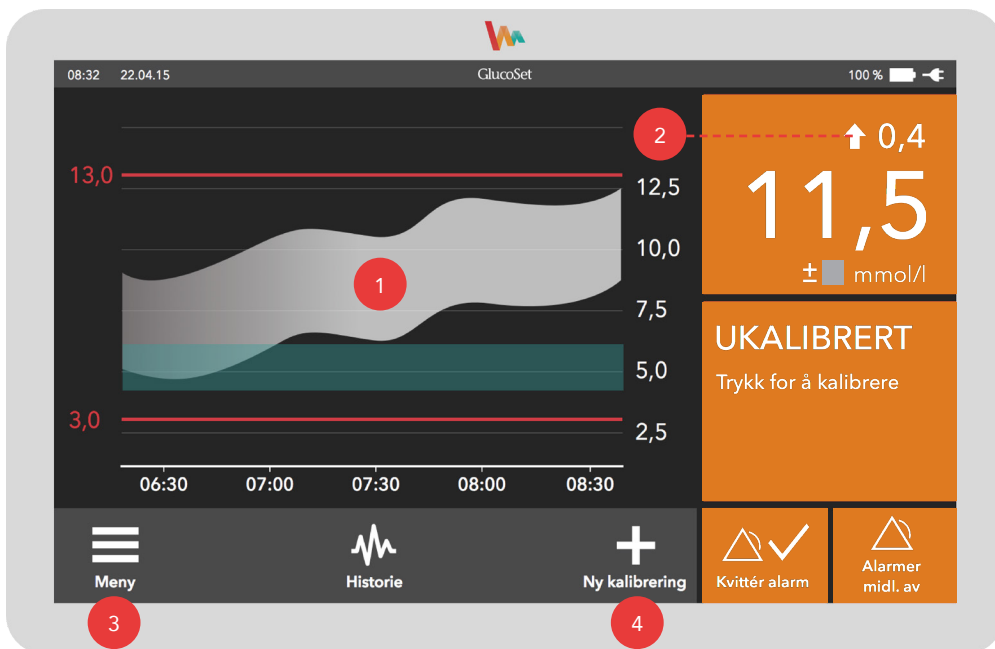
POSITIV POLARITET

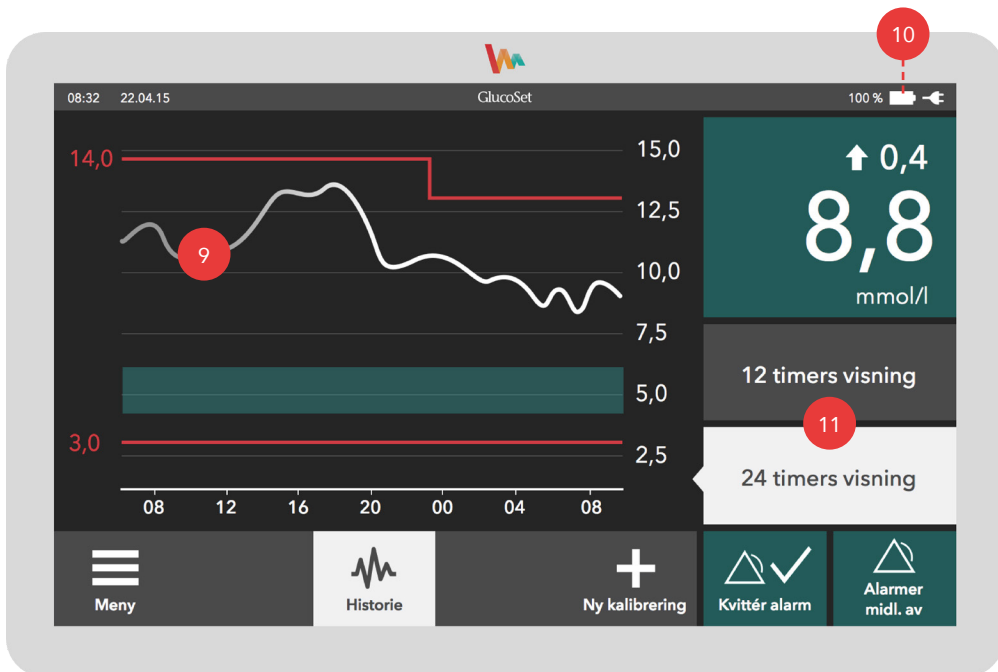
Ved å bruke sort skrift på en gul bakgrunn fikk vi et mye bedre kontrastforhold. Gult er også en klassisk varsefarge, men siden den er så lys er man avhengig av mørk tekst for å få god nok kontrast. Denne kombinasjonen ble senere brukt i GUI versjon 3. Vi hadde i utgangspunktet ikke lyst til å endre fargen på teksten fordi vi tenkte at det kunne bli oppfattet som inkonsekvant fargebruk, men dette ble et nødvendig kompromiss.

UKALIBRERT

Trykk for å kalibrere







- 1) **Ukalibrert.** Trenden viser et skravert område heller enn en tynn graf.
- 2) **Endring.** Viser hvor fort og i hvilken retning blodsukkeret endrer seg.
- 3) **Meny.** Her finnes overordnede innstillinger.
- 4) **Ny kalibrering.** Knappen kan benyttes for å kalibrere når det passer sykepleieren. Når systemet er ukalibrert eller trenger recalibrering kan man også trykke på statusflisen.
- 5) **Alarmgrensene** kan justeres ved å trykke på de.
- 6) **Nåverdi.** Pilen tydeliggjør nåverdien til grafen.
- 7) **Optimalt område** for blodsukker.
- 8) **Alarmknapper.** Disse har standardsymboler hentet fra annet monitoringsutstyr.
- 9) **Gradient.** Grafen har en gradient som blir svakere med tiden.
- 10) **Batteriindikator.** Viser også om apparatet er koblet til veggstrøm.
- 11) **Historie.** Viser hvordan blodsukkeret har endret seg de siste 12 og 24 timene.

TESTING AV GUI 2.0

Etter å ha utviklet versjon 2 av grensesnittet gjennomførte vi en brukbarhetstest med sykepleierne på intensivavdelingen på St. Olavs. Her fikk vi vårt eget intensivrom og tilgang på relevant utstyr som katetere, sprøyter og blodtrykksett. Til testingen fikk vi også låne en tidlig prototype av sensorenheten utviklet av K8.

I løpet av et par timer fikk vi testet brukbarheten til instrumentet med tre relativt unge sykepleiere i alderen 25 til 35 år. Testene bestod av flere deler med hovedfokus på testing av det grafiske grensesnittet og workflowen knyttet til oppkobling og kalibrering av sensorenheten. Fordi vi hadde begrenset med tid var det kun et par oppgaver som var implementert i testen. For et utdrag av testprosedyren se vedlegg.

Generelle tilbakemeldinger

Etter testingen satt vi igjen med en lang liste med ting som kunne forbedres. En positiv erfaring med testingen var at veldig mange av de tilbakemeldingene vi fikk gikk på helt konkrete ting som i utgangspunktet ikke krevde store ressurser å endre på. Det sykepleierne opplevde som minst brukervennlig var kanskje håndteringen av sensorenheten i forbindelse med oppkobling. Her spilte grensesnittets sjekklister en viktig rolle. Vi erfarte hvor mye ordvalget hadde å si for hvordan de ulike stegene ble utført. Et interessant funn var at dersom sykepleierne blir tvunget til å følge en prosess slavisk så dropper de ofte steg som de vanligvis ville ha gjort. Dersom man først tenker å inkludere en sjekklister bør man vurdere å også inkludere alle understeg. For å sette det litt på spissen kan man si at man istedet for å si "åpne døra" heller bør si "grip dørhåndtaket, trekk det nedover med klokka og skyv døra utover".



I AKSJON I→

Å få testet antagelsene våre mot reelle brukere var viktig. Her har brukeren akkurat gjennomført en vellykket kalibrering av instrumentet.



Rapid systems

INTERNAL SAMPLE
 20.05.2018 14:00
 20.05.2018 14:00
 20.05.2018 14:00
 20.05.2018 14:00
 20.05.2018 14:00
 20.05.2018 14:00

ALL: BASE 27.00-10
 SpO2 95.0 %
 HR 75 bpm
 RR 18.0 rpm
 EtCO2 40.0 mmHg
 NIBP 110/70 mmHg
 MAP 70 mmHg
 CVP 12 mmHg
 PIP 20 cmH2O
 PEEP 5 cmH2O
 FiO2 0.21
 RR 18 rpm
 SpO2 95.0 %
 EtCO2 40.0 mmHg
 NIBP 110/70 mmHg
 MAP 70 mmHg
 CVP 12 mmHg
 PIP 20 cmH2O
 PEEP 5 cmH2O
 FiO2 0.21

ELECTROLYTES
 Na+ 132.84 mmol/L
 K+ 4.08 mmol/L
 Ca2+ 1.18 mmol/L
 Cl- 100 mmol/L

PHOSPHATES 0.57 mmol/L
 Mg2+ 0.75 mmol/L

Utover de konkrete tilbakemeldingene vi fikk uttrykte sykepleierne at de generelt sett ikke opplevde apparatet som spesielt vanskelig å bruke. Sykepleieren fikk en enkel skummodell de kunne plassere. Vi fikk bekreftet at sykepleierne ville plassere instrumentet på samme side som arteriekateteret av praktiske hensyn, når de på forhånd visste at instrumentet ville benytte arteriekateteret. Sykepleieren uttrykte at det var nyttig med festeklipsen vi hadde laget for å holde orden på slanger og kabler. De gav også uttrykk for at de var fornøyde med både størrelse på den fysiske modellen vi hadde med og tekniske elementer som festemekanismer, kontakter og strømforsyning.

Én ting vi ikke testet direkte, var hva sykepleieren hadde gjort under kalibreringsprosedyren, dersom hun hadde glemt å kvittere for at blodprøven var tatt. Vi spurte sykepleierne hva de trodde de ville gjort, for å sjekke antagelsene våre. Dette var et problem vi ennå ikke hadde løst i grensesnittet, men som vi mistenkte at sykepleieren ville prøve å jobbe seg rundt dersom problemet skulle dukke opp. Dette kunne sykepleierne bekrefte. Det kan virke som om de er vant til å gjøre workarounds dersom de opplever at systemet hindrer dem i å utføre en oppgave, og i vårt tilfelle kan det få uheldige konsekvenser.

Om valg av metode

Vi fikk mye igjen for å teste på reelle brukere. Mange av tilbakemeldingene vi fikk virket dessuten helt opplagte etter at sykepleierne hadde poengtert dem. Det bør også poengteres at enkelte aspekter kan ha påvirket validiteten til testene våre. Blant annet kan bruken av retinaskjerm på den interaktive prototypen ha skapt en urealistisk brukssituasjon da denne er både skarpere og mer touchsensitiv enn en resistiv touchskjerm. I tillegg er det faktum at det ikke lå en pasient i rommet, en stor forskjell fra en reell situasjon, der det både vil være flere distraksjoner og rot i ledninger.

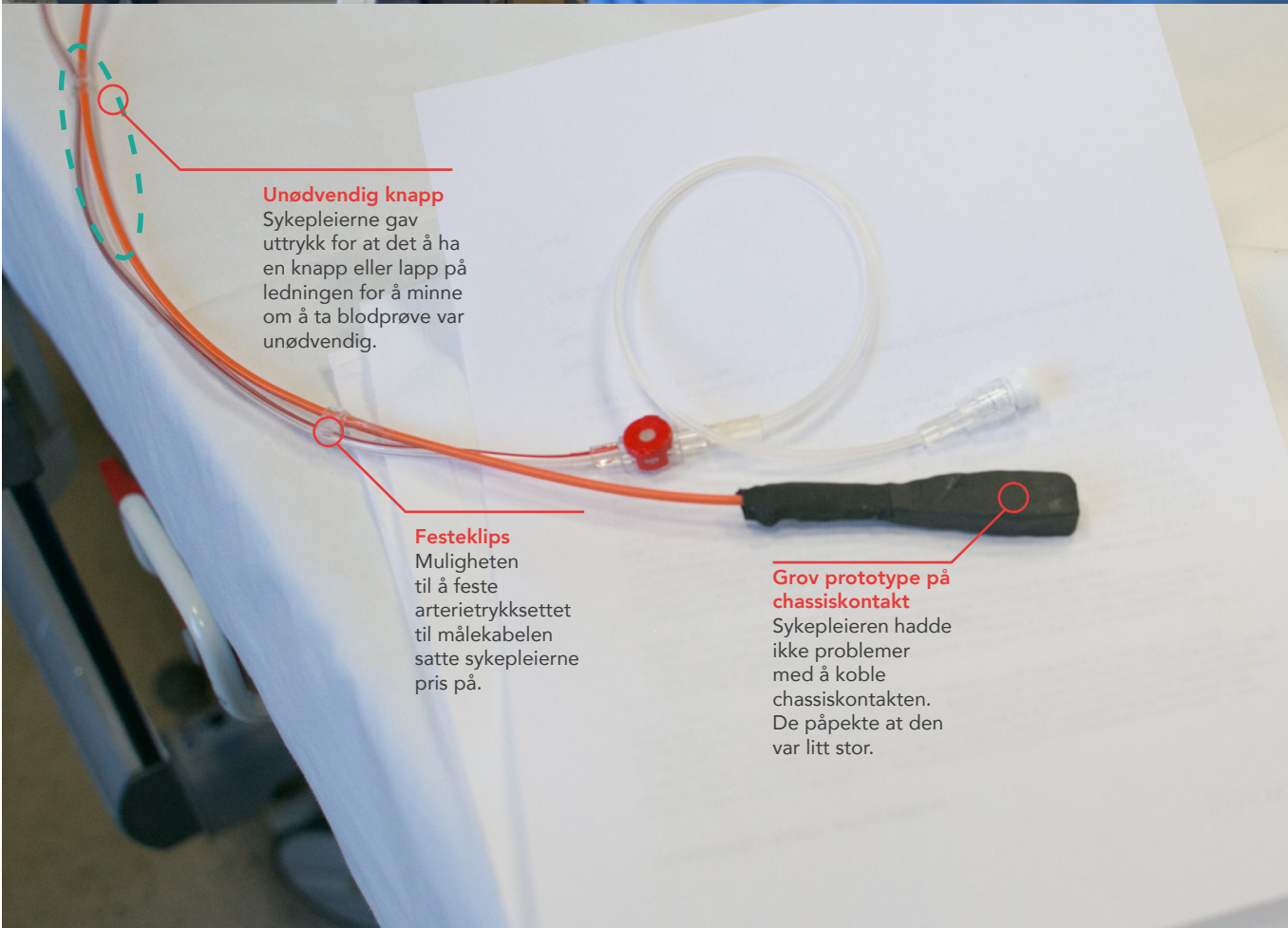
KOBLE OPP ENHETEN I→

Som en oppvarming til brukbarhetstesten hadde vi en liten aktivitet der vi evaluerte form, størrelse, festemekanisme og plassering.



Jeg liker å ha litt orden på ledningene

Kommentar fra intensivsykepleier ved St. Olavs Hospital



Unødvendig knapp

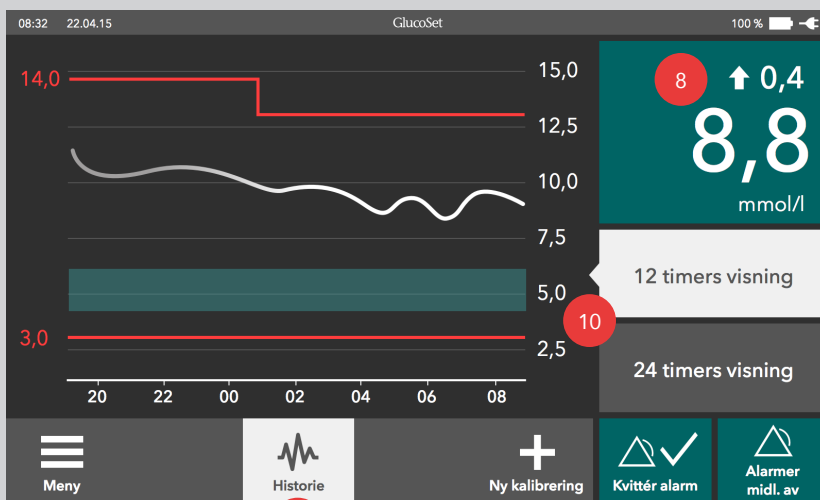
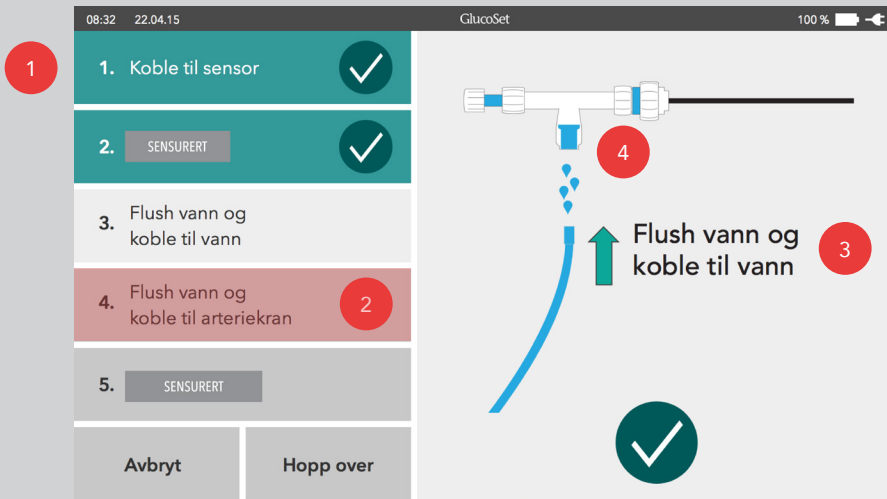
Sykepleierne gav uttrykk for at det å ha en knapp eller lapp på ledningen for å minne om å ta blodprøve var unødvendig.

Festeklips

Muligheten til å feste arterietrykksettet til målekabelen satte sykepleierne pris på.

Grov prototype på chassiskontakt

Sykepleieren hadde ikke problemer med å koble chassiskontakten. De påpekte at den var litt stor.



Et utdrag oppdagelser:

- 1) **Rekkefølge.** At sykepleieren er nødt til å følge stegene i en gitt rekkefølge bør presiseres.
- 2) **Sjekk.** Sykepleieren prøvde å gå frem og tilbake i listen ved å trykke på hele området og ikke kun den sirkelformede sjekknappen.
- 3) **Generell ordlyd.** Ordene som brukes i listen har svært mye å si og må velges med omhu.
- 4) **Presise figurer.** Figurene må ligne enda mer på det utstyret sykepleierne bruker. Abstrahering fungerer dårlig. At slangen på figuren for eksempel ikke har samme farge som slangen i virkeligheten er forvirrende.
- 5) **Endre alarmgrenser.** Sykepleierne er vant til å endre grensene ved å enten gå inn på meny eller ved å trykke på tallet som viser hovedverdien som måles. Å trykke på den røde grensen var de mindre vant med.
- 6) **Alarmgrenser.** Hva alarmgrensene ligger på kan eventuelt stå i nærheten av blodsukkertallet.
- 7) **Nedtelling.** Når man skruer alarmen midlertidig av bør skjermbildet vise en nedtelling som teller ned det aktuelle tidsintervallet.
- 8) **Betydning.** Tallet som viser endring i blodsukker sa sykepleierne ingenting uten benevnning.
- 9) **Historiesymbol.** Symbolet vi hadde valgt for historie lignet på et symbol som en av sykepleierne forbandt med måling av EKG (hjertets elektriske aktivitet).
- 10) **Behov for høyoppløselig tabell.** En 12 og 24 timers trend er ikke tilstrekkelig. Ved strømbrytning eller dataproblemer kan sykepleierne bli nødt til å taste inn tidligere pasientdata fra apparatene manuelt i journalsystemet. Da bør man kunne få en tabell som viser eksakte verdier. Tabellen bør ha en bedre oppløsning enn timer. Sykepleierne ønsket å kunne se verdier ned på minuttnivå i enkelte tilfeller.

GUI 3.0

Etter at vi hadde fått tilbakemeldinger på det grafiske grensesnittet fra testing på St. Olavs gjorde vi en ny iterasjon. I GUI versjon 3 ble feil og mangler fra versjon 2 rettet opp, i tillegg til at det ble innført noe ny funksjonalitet.

Ny historiefunksjon

Sykepleierne vil gjerne ha en historiefunksjon på monitoreringsapparater der de kan se hvilke verdier pasienten har hatt den siste tiden utover det som vises på hovedskjermbildet. Historiefunksjonen er ofte et utgangspunkt for diagnostisering av pasienten. Gjennom testingen av GUI versjon 2 erfarte vi at en 12 og 24 timers trend ikke var tilstrekkelig som historiefunksjon. Sykepleierne ønsket å kunne gå mer i detalj. I enkelte scenarier ønsket de å se akkurat hva blodsukkeret hadde vært på et tidligere tidspunkt. I den nye historiefunksjonen ble det i tillegg til trend også innført en tabellfunksjon med eksakte verdier. Intervall og oppløsning på trend og tabell ble kontrollert fra en fane vi kalte "skala".

Fargeskille

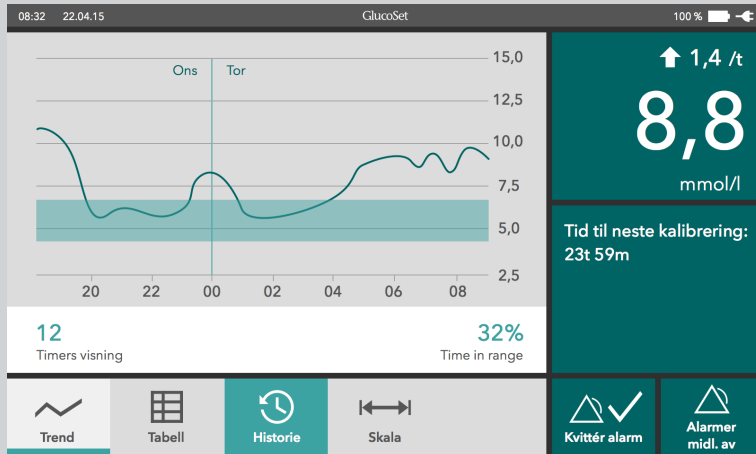
Vi brukte farger for å lage et tydelig skille mellom hovedskjermbildet og all annen funksjonalitet. På hovedskjermbildet beholdt vi lys skrift på mørk bakgrunn som er tradisjonelt for monitoreringsapparater. På alle andre funksjoner i lag 3 av grensesnittet valgte vi derimot en mørk skrift på en lys grå bakgrunn, som er mer likt det man finner på medisinske apparater brukt i laboratoriesammenheng.

Gestures

I tråd med trenden om at grafiske grensesnitt på sykehusapparater blir mer likt det man er vant med fra smarttelefoner og nettbrett ble det innført gestures på noen elementer. Dette ble riktignok gjort relativt forsiktig, siden det fortsatt er relativt utradisjonelt i sykehussammenheng. Vi begrenset gestures til å kunne bla seg opp og ned i en liste i tillegg til å kunne rulle på et hjul med tall.

Rullehjul erstatter numerisk tastatur

Dette var kanskje den største innovasjonen



HISTORIE: Trend 12 timers visning. "Time in range" er hvor lenge pasienten har vært innenfor det optimale området for blodsukker.

08:32 22.04.15 GlucoSet 100%

Tidspunkt	Glukoseverdi
08:32	8,8
08:31	8,6
08:30	8,7
08:29	8,9
08:28	9,0
08:27	8,8
08:26	8,7
08:25	8,5

Trend Tabell Historie Skala

Kvittér alarm Alarmer midl. av

↑ 1,4 /t
8,8
mmol/l

Tid til neste kalibrering:
23t 59m

HISTORIE: Tabell minuttvisning. Tabellen lar brukeren bruke gestures til å scrolle seg nedover.

08:32 22.04.15 GlucoSet 100%

Trend Tabell

1 minutt

5 minutter

15 minutter

30 minutter

Trend Tabell Historie Skala


Kvittér alarm Alarmer midl. av

↑ 1,4 /t
8,8
mmol/l

Tid til neste kalibrering:
23t 59m

HISTORIE: Under skala stiller man intervall og oppløsning på trend og tabell.

i det grafiske grensesnittet. Under både kalibrering og stilling av alarmgrenser må sykepleierne angi en verdi. På sykehusapparater gjøres dette tradisjonelt med et numerisk tastatur. Vi valgte istedet å bruke et rullehjul av typen man finner i mange alarmapplikasjoner. En av fordelene med et slikt hjul er at det krever mindre plass enn et numerisk tastatur. I versjon 3 valgte vi å gjøre navigasjonsbaren mer statisk som førte til at vi fikk mindre skjermplass. Selv om et numerisk tastatur kanskje kan oppfattes som mer presis vil konsekvensene av et feiltrykk her potensielt være større (feks dersom 4 blir til 9) enn dersom man ruller hjulet én verdi for langt.

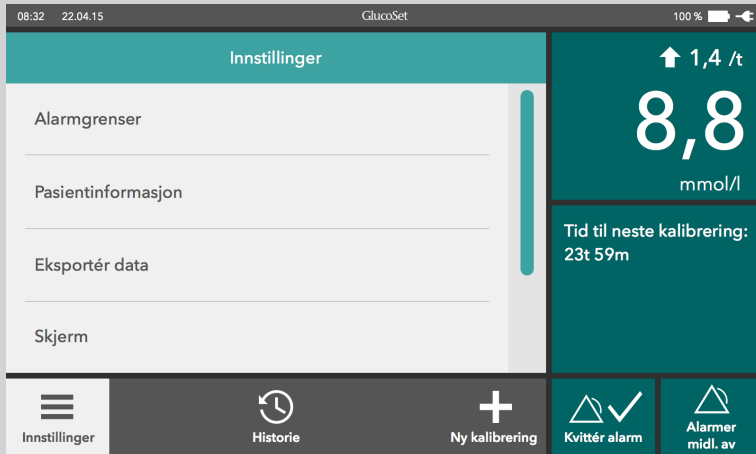
Et rullehjul har sine svakheter dersom verdien som skal angis er langt unna den opprinnelige verdien, slik at man blir nødt til å rulle hjulet langt. For vårt apparat vil en dette sjelden være nødvendig. Før apparatet er kalibrert vil det vise en glukoseverdi med en nøyaktighet på  **SENSURERT** av den eksakte verdien. Med et rullehjul vil det være tydelig hva som er den

opprinnelige verdien før man begynner å justere. Ved stilling av alarmgrenser vil man potensielt måtte rulle hjulet lengre, men i de fleste tilfeller vil ikke en sykepleier justerere grensene langt av gangen.

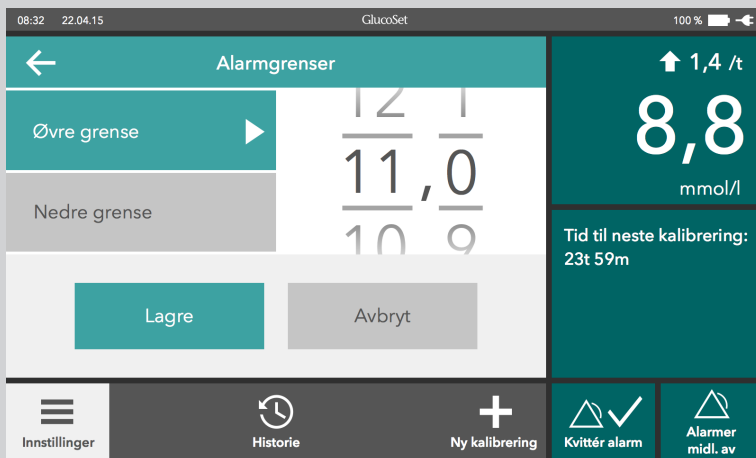
Kalibrering

Hva som skjer dersom sykepleieren glemmer å kvittere for at blodprøven er tatt, var en problemstilling som vi oppdaget da vi jobbet med GUI versjon 2, men som vi ikke rakk å ta stilling til i denne versjonen av det grafiske grensesnittet. Dersom dette ikke løses på en god måte kan apparatet potensielt bli feilkalibrert, som utgjør en stor fare for pasienten.

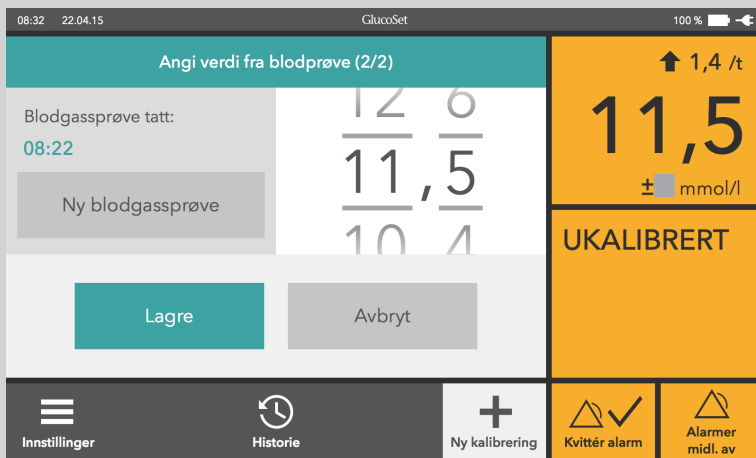
Hva skjer dersom en sykepleier tar en blodprøve til kalibrering, men glemmer å kvittere for at prøven er tatt og kommer tilbake en halvtime senere med verdien fra den analyserte blodprøven. Hvis sykepleieren blir nektet å legge inn verdien, fordi tiden gikk ut, vil hun da ta en ny blodprøve eller vil hun bare bekrefte kalibreringsstegene og bruke verdien fra



INNSTILLINGER: Her finnes overordnet funksjonalitet.



RULLEHJUL 1: Øvre og nedre alarmgrense kan justeres med et rullehjul.



RULLEHJUL 2: Under kalibrering brukes rullehjulet til å angi verdien fra blodprøven.

blodprøven hun tok for en halvtime siden? Blodsukkeret kan potensielt ha endret seg mye på en halvtime, som vil føre til at apparatet blir feilkalibrert.

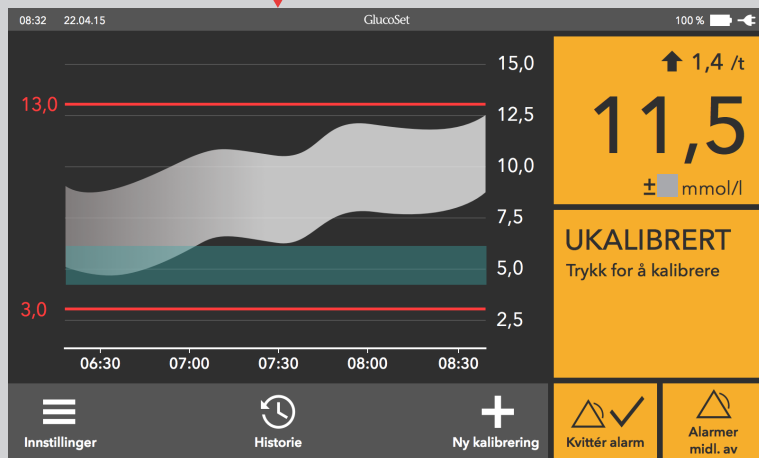
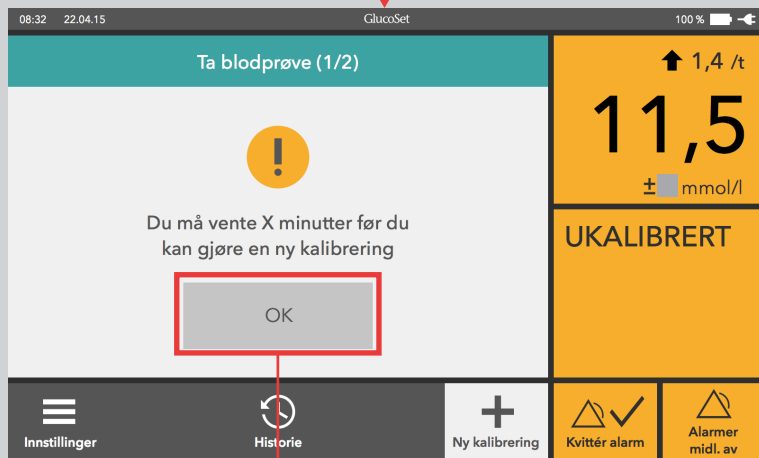
Et annet tilfelle er dersom sykepleieren rekker å ta blodprøven innen tiden, men ikke rekker å kvittere for den på skjermen. I dette tilfellet vil prøven være fullt brukelig og det vil være et irritasjonsmoment å måtte ta en helt ny prøve.

Vi kom frem til en løsning der apparatet gir et lydsignal dersom det ikke blir kvittert for at blodprøven er tatt innen tidsintervallet på ett minutt. I tillegg til lyd vil skjermen også vise hvor mye på overtid man er. I dette tilfellet vil brukeren få en varselsvindu der hun må kvittere for om hun rakk å ta prøven innen tiden eller ikke.

Siden blodsukkeret har en tendens til å stige umiddelbart etter at det er tatt en blodprøve vil det være et problem dersom sykepleieren velger å gjennomføre en ny kalibreringsprosedyre rett etter den første.

Dersom hun ikke rekker å ta prøven innen tiden vil dette være en naturlig handling, men hun vil da risikere å ta en blodprøve med en referanseverdi som ikke er korrekt. For å forhindre dette ble det laget ytterligere en varselsvindu som informerer sykepleieren om at hun er nødt til å vente et gitt tidsintervall før hun kan gjennomføre en ny kalibrering. Det vil deretter ikke være mulig å gjøre en ny kalibrering før tidsintervallet har passert. Akkurat hvor langt tid det må gå før blodsukkeret har normalisert seg er ikke bekreftet for øyeblikket og må undersøkes av GlucoSet.

Da vi jobbet med å løse kalibreringsproblematikken opplevde vi i stor grad en konflikt mellom å lage et apparat som er streng med brukeren for å forhindre feilbehandling, og et som gir en god brukeropplevelse. Her ble varselsvindu en nødvendig trade off for å minimere risiko.



VARSELSVINDU: Disse er en nødvendighet med tanke på risikohåndtering.

TESTING AV GUI 3.0

Etter at vi hadde gjort en ny iterasjon av det grafiske grensesnittet ble det gjennomført enda en brukbarhetstest med intensivsykepleierene på St. Olavs. Denne gangen testet vi med to nye sykepleiere som var noe eldre enn de vi testet med forrige gang. Brukbarhetstesten ble gjennomført på samme måte, med kun små justeringer. Her følger et par hovedfunn.

Animasjoner

I sjekklisten brukt under oppkoblingen mot pasient inkluderte vi i GUI 3.0 enkle animasjoner i håp om at dette skulle hjelpe brukerne å utføre alle stegene i prosessen. Sjekklisten bestod av fem hovedsteg med opptil fire understeg. Det ble laget illustrasjoner for hvert av understegene med enkle animasjoner mellom disse. Illustrasjonene gikk i loop som en bildekarusell og vi brukte fargede prikker for å illustrere rekkefølgen til understegene. I tillegg til dette ble det også laget en helfigur av engangssensoren med røde sirkler til å markere interaksjonspunktene.

Selv om det virket som om animasjonene av understegene bidro til at sykepleierne ble mer oppmerksomme på at hvert steg bestod av flere små interaksjoner med engangssensoren, oppdaget vi en del problemer ved denne løsningen. Det kanskje viktigste funnet var at animasjonene gikk alt for fort. Sykepleierne la ikke merke til prikkene som var ment for å indikere rekkefølgen til stegene. De skiftet fokus mellom å titte på skjermen og å interagere med engangssensoren og innen de så opp på skjermen igjen hadde apparatet hoppet over et steg. Dette førte til at enkelte viktige steg ble glemt som i prinsippet gjorde engangssensoren ubrukelig.



NYTESTRUNDE

Vi gjorde enda en test med intensivsykepleierne. Hovedformålet var å teste GUI men vi fikk også innspill på plassering av apparatet og håndtering av kabler og kontakter.

Rullehjul

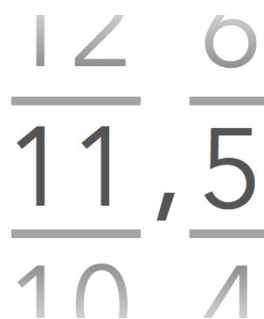
Rullehjulet brukt under kalibrering og justering av alarmgrenser var et element det var knyttet en del usikkerhet til. Selv om sykepleierne ikke umiddelbart prøvde å rulle på hjulet innså de etterhvert at det kunne rulles på. Da de ble møtt med hjulet senere i testen igjen gikk rullingene mer naturlige. Da vi gikk gjennom testen med sykepleierne i etterkant uttrykte de at rullingene på hjulet var en interaksjon de likte og som de trodde kunne fungere til tross for at det ikke er så veldig utbredt. Her bør det presiseres at vi i den interaktive prototypen ikke hadde laget et fullt fungerende rullehjul, men kun et statisk hjul som automatisk hoppet til en verdi dersom det ble registrert en sveip opp eller ned med fingeren.

Kalibrering

En del av testen handlet om potensiell problematikk knyttet til det å kalibrere. Her ble sykepleieren presentert for to scenarier; ett der hun ikke rakk å ta blodprøven innen tiden og ett der hun rakk å ta prøven, men hun glemte å kvittere for den. I begge scenariene ble sykepleieren presentert for skjermbildet som viser hvor mye hun er på overtid og hun ble spurt om hva hun ville gjøre. Det vi ønsket å finne ut var om sykepleierne kom til å jobbe seg rundt systemet dersom de opplevde at det satte begrensninger. Dette viste seg å ikke være noe problem. Sykepleierne forklarte at de var bevisste på at det sikkert var en årsak til at prøven måtte tas innen tiden. Det ble hevdet at ingen kom til å kvittere for å ha tatt en prøve innen tiden kun for å spare noen minutter, når dette potensielt kunne gå ut over pasientens sikkerhet.

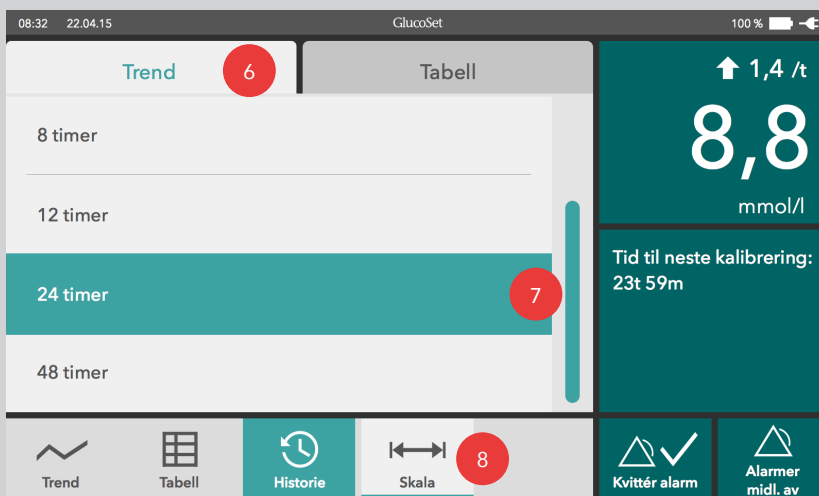
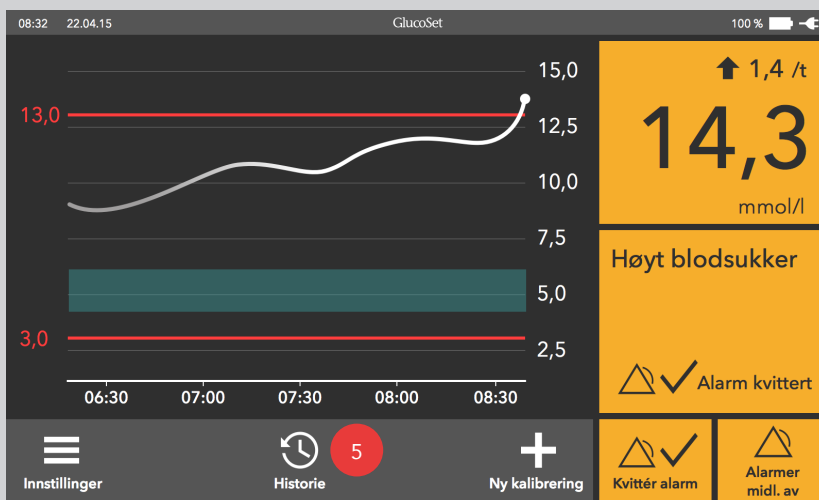
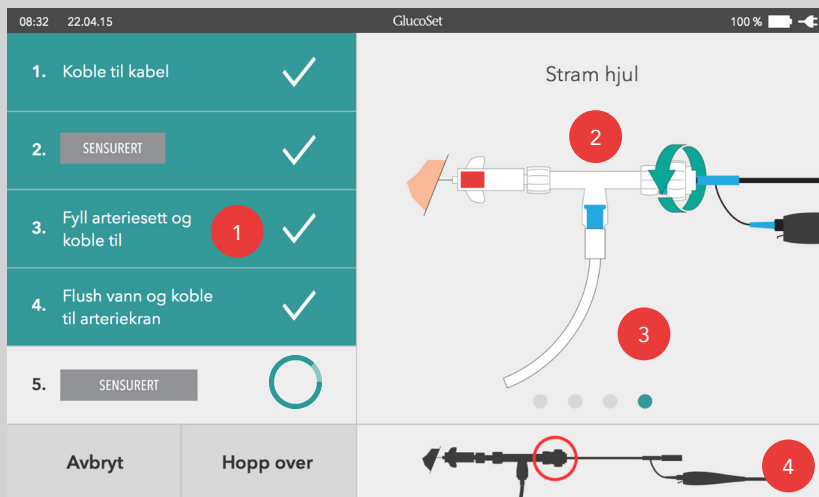
Historie

Vi erfarte at brukerne var noe usikre på hvordan man endret intervall og oppløsning på trend og tabell i historiefunksjonen. Vi hadde plassert lenken for å endre oppløsningen under en egen fane vi kalte "skala". Ordet skala var trolig intetsigende for sykepleierne.



UTRADISJONELT

Å bruke et rullehjul istedet for et numerisk tastatur er relativt utradisjonelt i sykehussammenheng. Dette var likevel noe sykepleierne syntes at var en god idé.



Et utdrag oppdagelser:

- 1) **Neste steg.** Det var litt usikkerhet rundt om man skal trykke på det steget man er på for å kvittere eller om man skal trykke på neste steg for å gå videre i listen.
- 2) **Animasjoner.** Disse gikk for fort slik at sykepleierne ikke fikk med seg alle understegene.
- 3) **Prikker.** Disse var ment til å indikere rekkefølgen til understegene, men var ikke synlige nok.
- 4) **Forklarende helfigur.** Det var kun den ene sykepleieren som brukte denne aktivt under oppkobling.
- 5) **Nytt historieikon.** Det nye historieikonet fungerte bra.
- 6) **Faner.** For å skille mellom å stille inn intervall på trend og oppløsning på tabell ble det brukt to faner av den typen man finner i nettlesere. Disse var mindre synlige for sykepleierne.
- 7) **Gestures og scrolling.** Å scrolle for å komme nedover i en liste var noe sykepleierne behersket og likte.
- 8) **Skala.** I fanen historiefunksjon kunne brukerne regulere intervall og oppløsning på trend og tabell under skalafanen. Dette var mindre opplagt for sykepleierne.

ALARMHÅNTERING

Etter to runder med testing med intensivsykepleiere innså vi at det var noe usikkerhet knyttet til akkurat hva som skjer når man kvitterer for en alarm og hvilken eller hvilke alarmresponsen som er mest egnet for kontinuerlig måling av blodsukker. I vårt grensesnitt ga vi sykepleierne to mulige alarmresponsen: "kvittér alarm" og "alarmer midlertidig av", direkte inspirert av pasientmonitoren fra Philips. Basert på sykepleierens forklaringer fra første runde med testing hadde vi sett for oss at de to alarmresponsene fungerte på følgende måte ved blodsukkerverdier over eller under alarmgrensene:

Kvittér alarm

Denne skrur av lyden på alarmer for et gitt blodsukkerintervall. Dersom alarmer for eksempel går som følge av at blodsukkeret stiger over en alarmgrense på 10 mmol/l vil det dannes et "usynlig" intervall. Alarmer vil ikke gå igjen så lenge verdien befinner seg innenfor dette intervallet. Dersom man ser for seg et intervall på 2 mmol/l vil alarmer ikke gå igjen så lenge blodsukkeret holder seg under 12 mmol/l. Sykepleieren får da tid på seg til å gjøre nødvendige tiltak for å få blodsukkeret ned igjen. Et problem med denne responsen er hvis blodsukkeret blir liggende lenge innenfor alarmintervallet og sykepleieren glemmer alarmer.

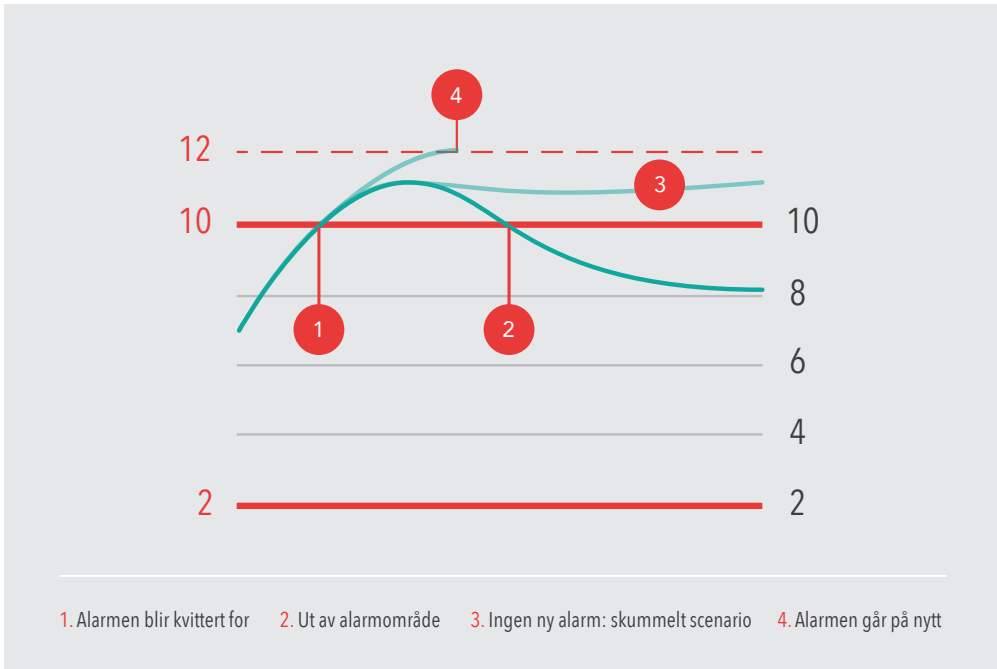
Alarmer midlertidig av

Denne skrur av alle alarmer midlertidig i et gitt tidsintervall. På Philipsmonitoren er

dette intervallet satt til ca 3 minutter. Her må det presiseres at denne monitorerer verdier som endrer seg mye raskere enn blodsukker (puls, oksygen), der det haster mer med en umiddelbar respons dersom det skulle gå en alarm. Når det kommer til blodsukker vil 3 minutter ofte ikke være tilstrekkelig tid fordi blodsukker endrer seg relativt langsomt. Alarmer vil da gå igjen og være et irritasjonsmoment. Akkurat hvor lang et slikt intervall burde være er veldig vanskelig for oss å ta stilling til som ikke har medisinsk bakgrunn.

Konklusjon

Alarmer og alarmhåndtering vil være ekstremt viktig for pasientsikkerhet, i tillegg til at det potensielt kan ha stor påvirkning på sykepleierens arbeidshverdag. Det er vanskelig for oss å ta noen avgjørelse på hvordan alarmhåndteringen bør være basert på våre tester. Vi opplevde at responsen "alarm midlertidig av" er noe sykepleierne er vant med og setter pris på, men at det optimale tidsintervallet må undersøkes mer. For "kvittér alarm" finnes det for øyeblikket ingen best practise. Her må det utvikles en algoritme som ivaretar pasientsikkerheten best mulig. Vi tror allikevel at det kan ha en verdi med to alarmresponsen da de gjenspeiler to ulike mentale modeller. Mens "kvittér alarm" gjenspeiler "ja, jeg har sett den" gjenspeiler "alarmer midlertidig av" en utsettelse for sykepleierne der de kan fokusere på noe som haster mer.



KVITTÉR ALARM

Figuren viser ulike scenarier knyttet til det å kvittere for en alarm.

ALARMER MIDLERTIDIG AV

Responsen fungerer som en utsettelse. Alarmen vil gå igjen om 2 minutter og 49 sekunder dersom sykepleieren ikke foretar seg noe. Ikoner og forkortelser er hentet fra Philipsmonitoren.

FORMGIVING

Vi så at størrelse var en viktig faktor, samtidig som vi ønsket å gjøre den digitale flaten til instrumentet så stor som mulig. Dette gjorde at hovedformen på instrumentet ble styrt av skjermflaten og de indre komponentene. Med disse begrensningene var mye av fronten til instrumentet definert. Mye av formgivingen lå i det å definere radiuser og overganger mellom flatene. Vi prioriterte å lage en enkel form som var lett å rengjøre. Plassering av delelinjer og overgangene mellom de ulike delene ble derfor også en viktig del av detaljeringsprosessen.

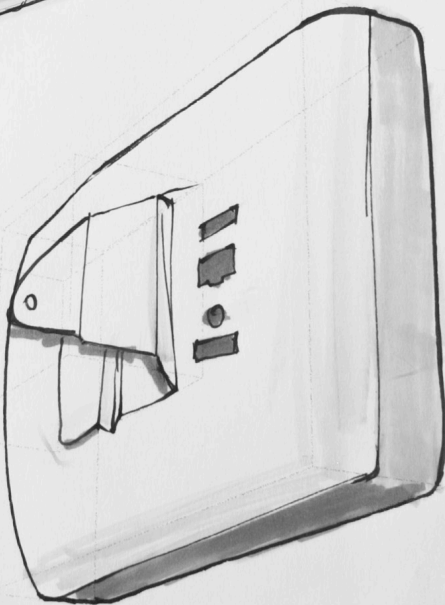
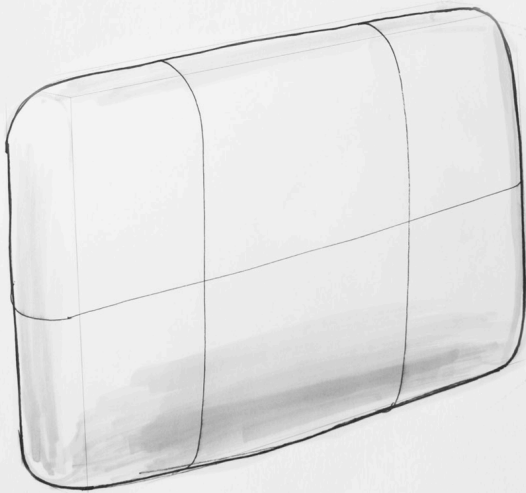
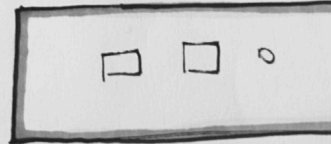
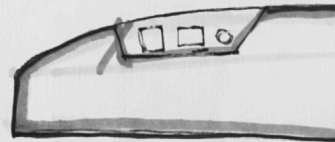
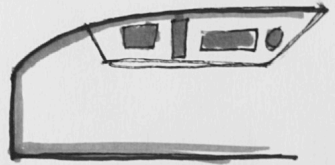
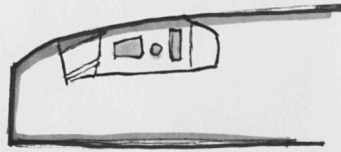
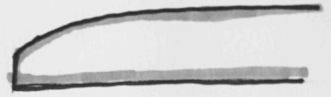
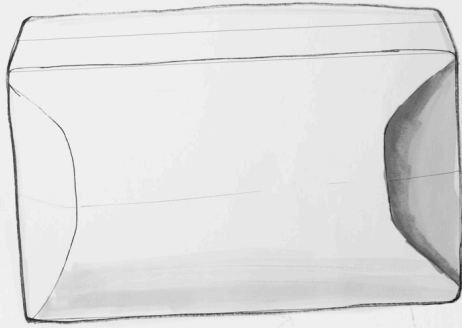
Formen på apparatet er optimalisert med tanke på størrelse og plass til indre komponenter. Dette er grunnen til at instrumentet har fått et noe rektangulært formspråk. Det kan eksperimenteres mer med form i fremtiden, men da vil apparatet også bli større.

Farger

Vi har valgt å bruke en grønn farge på hovedformen til apparatet. Grønn er en farge med lang tradisjon innenfor medisin. Det er også en farge som GlucoSet har i paletten sin. Videre har vi brukt hvitt på fremsiden av apparatet. Ved å bruke en nøytral farge på interaksjonsflaten blir skjermen mer dominerende. Dette er også den flaten som er mest utsatt for kontamineringer, og vil ha størst behov for rengjøring.

TYNNERE I→

Her så vi blant annet på hvordan vi kunne få instrumentet til å fremstå tynnere ved å variere radius ytterst ved kanten.



DETALJERING

Ved å lage enkle mock-ups av de indre komponentene ble det enklere å se for seg hvordan de kunne plasseres for å samlet ta minst mulig plass. Til tross for dette fikk vi noen overraskelser da vi begynte på detaljering i SolidWorks. Gjennom å prøve og feile med plassering av de ulike komponentene så vi enda tydeligere hvordan mange av tingene hang sammen. Ved å gå mer i detalj kunne vi utelukke flere idéer og vi så blant annet at den plassen vi først hadde satt av til kontaktene var alt for liten.

I løpet av prosjektet oppdaget vi flere krav til produktet. Instrumentet måtte være tett for vandrypp ovenfra, samtidig som elektronikken på innsiden trengte lufting. Instrumentet burde også være enkelt å rengjøre, kontaktene burde være lett tilgjengelige for sykepleierne og apparatet burde være så lite som mulig. I tillegg kom flere tekniske krav som at fiberledningen trengte nok svingradius for å unngå signaltap og at den resistive touchskjermen krever at pakningen ligger på en spesiell måte på fremsiden av skjermen. Alle disse kravene gjorde at det å plassere de indre komponentene ble finurlig arbeid. I detaljeringsarbeidet var det nyttig å kunne veksle mellom å bruke 3D-modelleringsverktøy, lage skisser, fysiske mock-ups eller enkle 3D-prints.

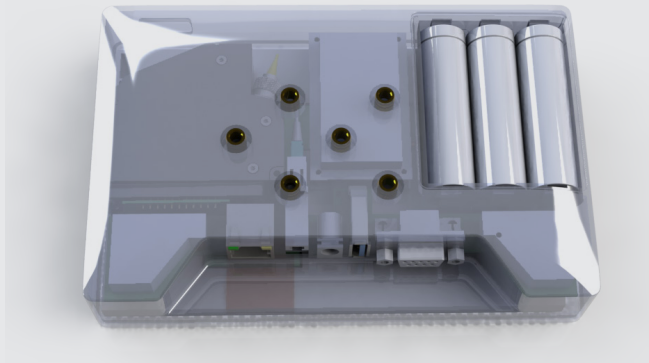


"SUDOKU" ⇨

Å finne den optimale plasseringen av indre komponenter kan sammenlignes med å løse sudoku. Ved å endre på én parameter får man ofte en kjederaksjon av andre parametere man blir nødt til å endre på.

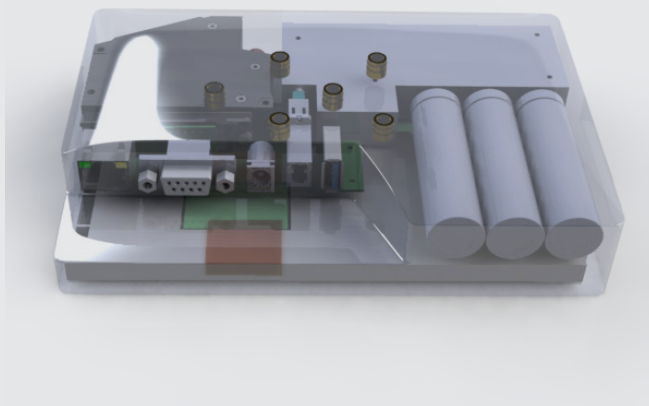
Innsenkede kontakter bak

Kontaktene gjemmer seg mellom instrumentet og IV-stativet og blir vanskelig å få tak i.



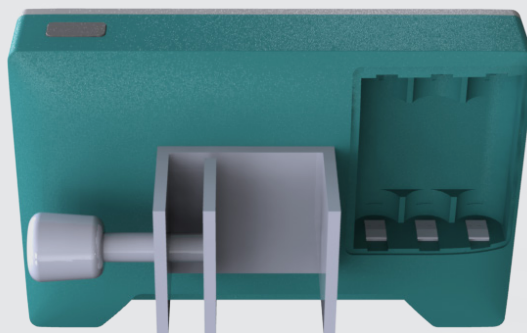
Innsenkede kontakter i siden

Kontaktene blir fortsatt gjemt mellom IV-stativ og instrumentet. I tillegg ser det ut som noen har tatt seg en bit av instrumentet.



Batteriåpning i konflikt med feste

Batteriåpningen kommer fort i konflikt med en festemekanisme. Det vil oppfattes som veldig irriterende dersom teknisk ansatte må skru av og på festet når de bytter batterier på alle instrumentene.



MODULBASERT

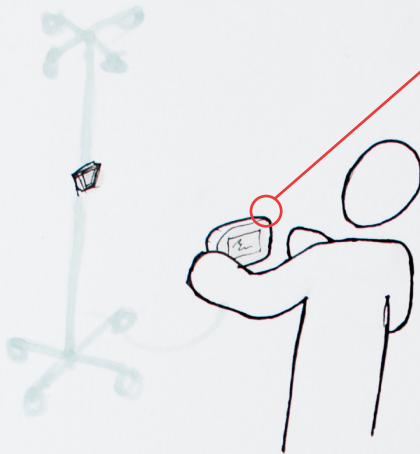
IV-stativ ser ut til å være den mest brukte og mest standardiserte plassen for montering av instrumenter i størrelsesområdet vårt. Tidlig i prosjektet fokuserte vi mye på å integrere festemekanismen i formen til enheten, men vi så etterhvert at det fantes flere fordeler med en mer modulær løsning. Vi prøvde å designe en festemekanisme for rørtykkelser fra 11 til 38 mm, men innså at det bare ble en passe god løsning, som var unødvendig fleksibel for behovet til de fleste sykehus. I tillegg til dette har en del sykehus egne stativløsninger som krever egne fester. Med utskiftbare stativfester kan man enklere tilpasse produktet til ulike sykehus. Ved å tilpasse grensesnittet på baksiden av instrumentet kan man også benytte eksisterende produkter fra rack leverandørene.

Vi så på flere alternativer for grensesnittet mellom instrument og stativfeste. Vi vurderte blant annet en hurtigkobling der instrumentet raskt kan tas av stativfestet ved

behov. Da kunne sykepleieren for eksempel enkelt tatt med seg instrumentet ved oppkobling av sensoren. Det negative ved en slik løsning er at mye utstyr forsvinner på sykehus, og at stativfestet fort kan bli skilt fra apparatet under flytting av pasienten. Under observasjon på intensivavdelingen så vi at hurtigfestene på lignende produkter ikke ble brukt, eller at man hadde behov for å ha med stativfestet under transport. Ved å ha skruehull på baksiden av instrumentet har man mulighet til å tilby hurtigfester til sykehusene med behov. Samtidig kan man lage et skreddersydd stativfeste tilpasset IV-stativ, som er den mest brukte løsningen.

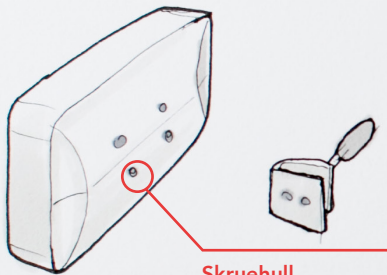
Konklusjon

Det kan lønne seg for GlucoSet å lage en modulbasert opphengsløsning med mulighet til å benytte eksisterende stativfester. Dette kan gjøres ved å ha skruehull som passer til utstyr fra stativleverandørene.



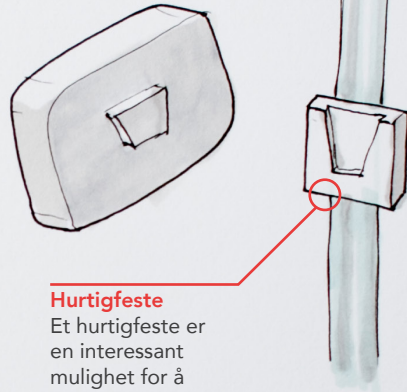
Håndholdt

Interaksjonene med grensesnittet til instrumentet vil være kortvarige og sykepleierne uttrykte at det ikke var behov for å ta den ned fra stativet under bruk.



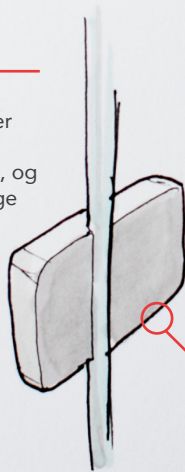
Skruehull

Påskruddede fester er allerede mye brukt i bransjen, og det finnes mange eksisterende moduler.



Hurtigfeste

Et hurtigfeste er en interessant mulighet for å koble instrumentet hurtig til og fra stativfestet.



Blend med stativ

Vi vurderte tidlig i prosessen å integrere instrumentet mot stativet.

BATTERIER OG KONTAKTER

I tillegg til kontakter for strøm og sensorenhet så vi behov for kontakter for å koble apparatet til journalsystemet og pasientmonitoren. Fra GlucoSets side var det dessuten ønskelig med en egen kontakt for å kunne ta ut forskningsdata. GlucoSet er avhengige av å kunne vise til at apparatet har en effekt og her kan forskning spille en viktig rolle. Uavhengige kliniske studier er sentralt i et langsiktig perspektiv. Vi undersøkte om det var noen av kontaktene vi kunne droppe, men vi kom fram til at det var strategisk viktig å beholde alle. Oppkobling mot pasientmonitor og journalsystem er viktig for å forenkle bruk og de kan være viktige krav i innkjøpsprosessen til mange sykehus.

I utgangspunktet tenkte vi det kunne være greit å skjule kontaktene på baksiden av instrumentet. Da ville fiberkabelen ligge mer beskyttet samtidig som det ble mindre visuell støy på fremsiden av instrumentet. I tillegg ville instrumentet kreve mindre plass i høyden på IV-stativet. Gjennom aktiviteter med brukerne så vi at det var mer

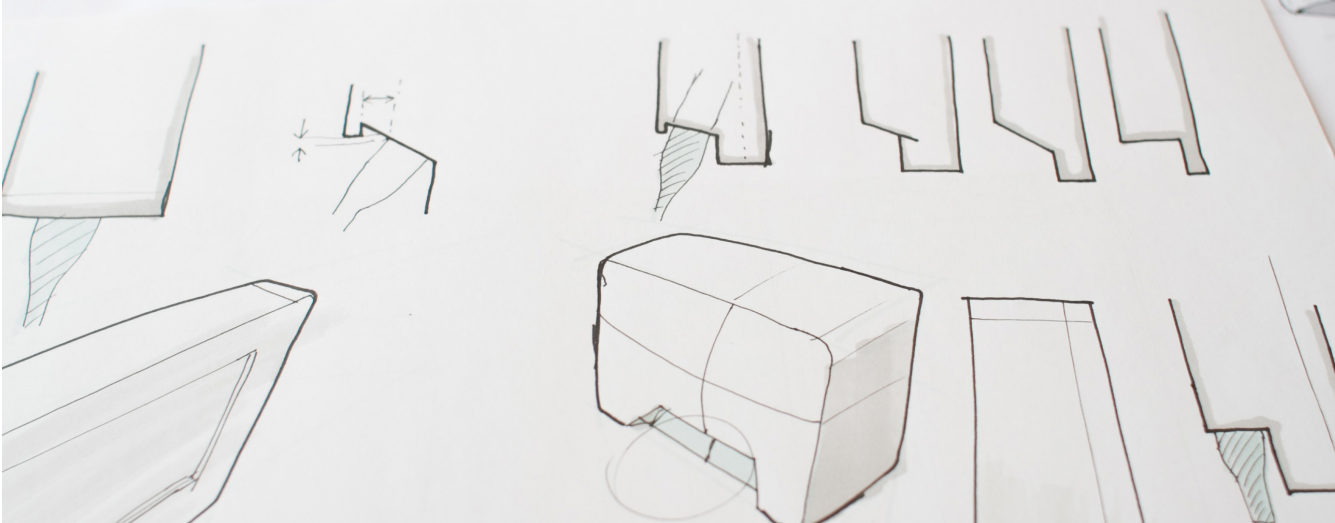
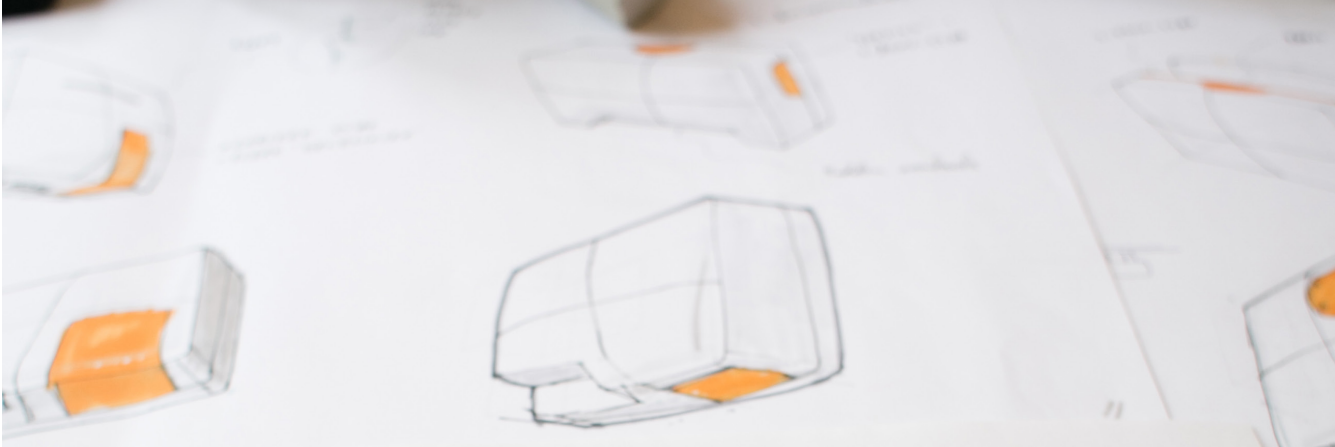
hensiktsmessig å plassere kontaktene helt i bunn av instrumentet. Da kan sykepleierne koble til og fra instrumentet hurtig uten å måtte ta ned instrumentet først.

Vi undersøkte også ulike vinkler på kontaktene. Om det kunne være lurt å vinkle de ut bak, eller ut på siden av instrumentet. Vi skisserte opp flere løsninger på dette, men grunnet at plasseringen til instrumentet kan variere mye, vil det sikreste være å plassere kontaktene i bunn.

Detaljeringsprosessen ble komplisert ytterligere ved at det måtte på plass en åpning for batteri samt at løsningen måtte være tett for vann ovenfra. Vi så at ved å plassere batteriluken i bunn kunne man unngå ekstra overganger som må tettes.

Konklusjon

Ved å plassere kontaktene og batteriluken i bunn, blir det enklere for sykepleierne å bytte kontakter, batteri og løsningen kan enklere sikres mot vanndråper ovenfra.





LØSNING

Hva vi har kommet frem til





STOR INTERAKSJONSFLATE

Størrelsen på instrumenter er en viktig faktor på intensivavdelinger og noe som har blitt førende for den endelige løsningen. Vi har fokusert på å gjøre enheten så liten som mulig, med de begrensningene som følger av teknologien, samtidig som vi har prioritert en stor interaksjonsflate. Dette gjør at vital data om pasienten er synlig for sykepleieren på avstand, til tross for at apparatet er relativt lite.

Det grafiske grensesnittet har en lagdelt informasjonstruktur, der blodsukkerverdien og statusen til apparatet har høyest prioritet og er synlig til enhver tid. Instruksjoner relatert til oppkoblingsprosedyrer er bakt inn i grensesnittet som et tiltak for å minimere risiko. Vi så en trend der brukergrensesnittene til medisinsk utstyr blir mer like det vi er vant med fra forbrukerprodukter. Basert på dette har vi innført noe funksjonalitet som er nytt i denne typen produkter. Et eksempel på dette er bruken av "gestures".

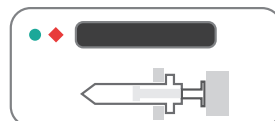
Enheden har en modulær festemekanisme, slik at den enkelt kan tilpasses ulike sykehus med ulike behov. Instrumentet er lett å rengjøre og har en resistiv touch skjerm, som fungerer med hansker.

LITEN STØRRELSE ↓

Instrumentet krever under halvparten av volumet en medisinpumpe krever, og fronten tar opp vesentlig mindre plass.



GlucoSet



Medisinpumpe
(Alaris GH syringe pump)



GUI

Konseptet

Etter innsiktsarbeid, flere iterasjoner og runder med testing har vi kommet frem til et løsningsforslag. Konseptet er ikke fullstendig detaljert, men kan ses på som et utgangspunkt til hvordan det grafiske grensesnittet kan se ut. I konseptet har vi fokusert på funksjonalitet knyttet til oppkobling mot pasient, kalibrering og monitorering. Underliggende funksjonalitet som undermenyer, feilmeldinger og individuell tilpasning basert på de ulike sykehusenes egne protokoller har ikke blitt fokusert på.

På de neste sidene vil de viktigste skjermbildene til konseptet blir presentert sammen med forklarende tekst. Den siste iterasjonen inneholder noe ny funksjonalitet som ikke har blitt testet med reelle brukere.

Hovedskjerm

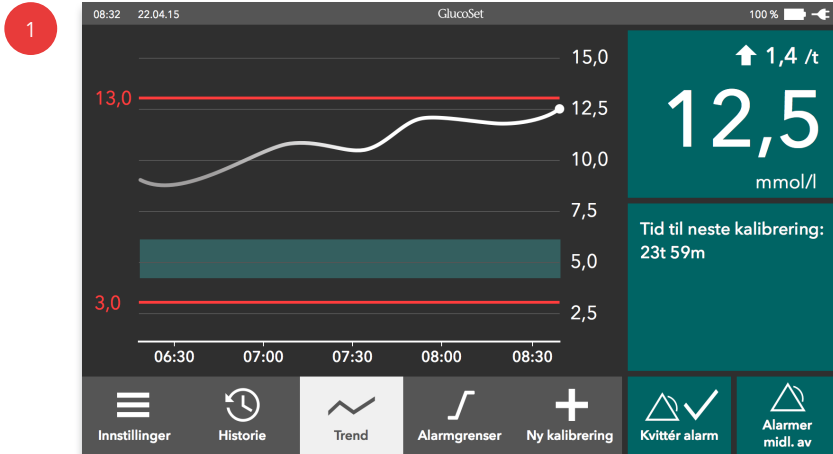
Hovedskjermbildet er det skjermbildet sykepleieren vil forholde seg mest til (skjermbilde 1). Skjermbildet viser nåverdien til blodsukkeret, endring i blodsukker per time, en trend med blodsukkerverdiene fra de siste to timene, beskjeder relatert til blodsukkernivå, kalibrering og alarmer, en navigasjonsbar og alarmresponsknapper. Denne informasjonen er bygd opp hierarkisk etter hvor synlig den bør være, basert på hvor viktig den er for sykepleieren. For eksempel vil flisene til høyre i skjermbildet alltid være synlige

uavhengig av hva man ellers foretar seg i grensesnittet. Ved å sørge for at vital informasjon alltid er synlig kan man tilrettelegge for et høyt nivå av "situation awareness" (Endsley, 1995b).

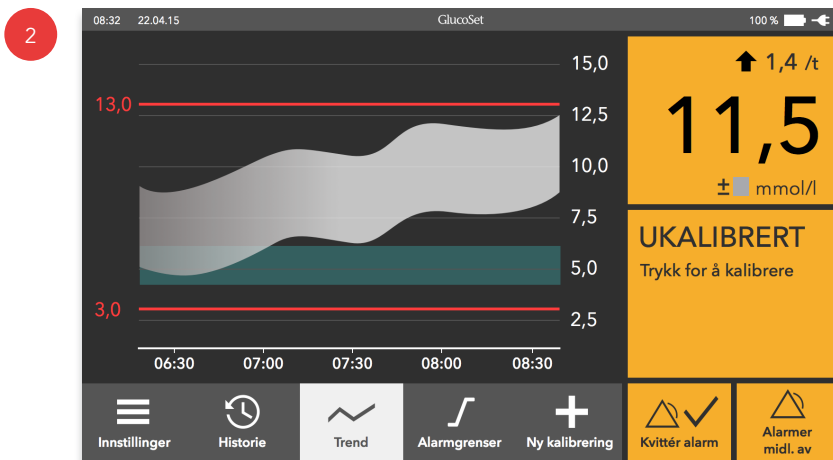
Statuser

Siden intensivsykepleierne har mange arbeidsoppgaver som gjør at de fort kan bli distraheret, må viktig informasjon om statusen til pasienten og apparatet formidles på en effektiv måte. Vi har brukt flere virkemidler for å tiltrekke oppmerksomhet og skape redundans. Farger og blinking har blitt brukt på flisene for å indikere alarmer eller annen viktig informasjon, som behov for kalibrering (skjermbilde 2 og 3). Vi har valgt fargene rød, gul og grønn da disse har en sterk symbolikk og er vanlige å finne i grensesnittet til andre medisinske apparater. I tillegg til fargebruk vil den ene flisen fungere som en statusindikator ved at den formidler ulike statuser med ord. Ved alarmer vil lyd bli brukt som et ekstra virkemiddel. Frekvens, intensitet og volum på lydsignal har vi ikke tatt stilling til i denne masteren.

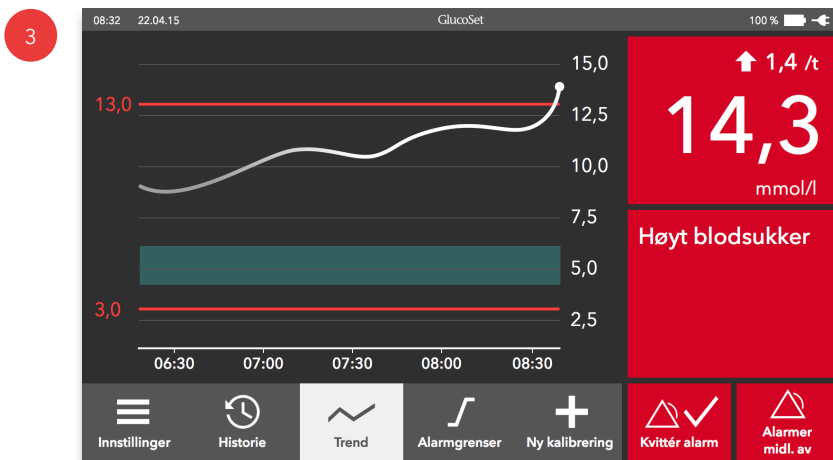
Det finnes to knapper til å håndtere alarmer med hver sin funksjon. "Kvittér alarm" kvitterer for alarmer basert på blodsukkernivå. Så lenge blodsukkeret befinner seg innenfor et definert intervall vil ikke alarmer gå igjen. "Alarmer midlertidig av" skrur av alarmer i et gitt tidsintervall.



HOVEDSKJERM: Dette er skjermbildet sykepleierne vil forholde seg mest til.



UKALIBRERT: Flisene til høyre har en gul farge når apparatet er ukalibrert.



ALARM: Ved blodsukkerverdier over/under alarmgrensene blir flisene røde.



UTSNITT 1: Fra navigasjonsbaren på bunnen av skjermen har brukeren tilgang til all hovedfunksjonalitet. Trend er standardfanen.

Navigasjon

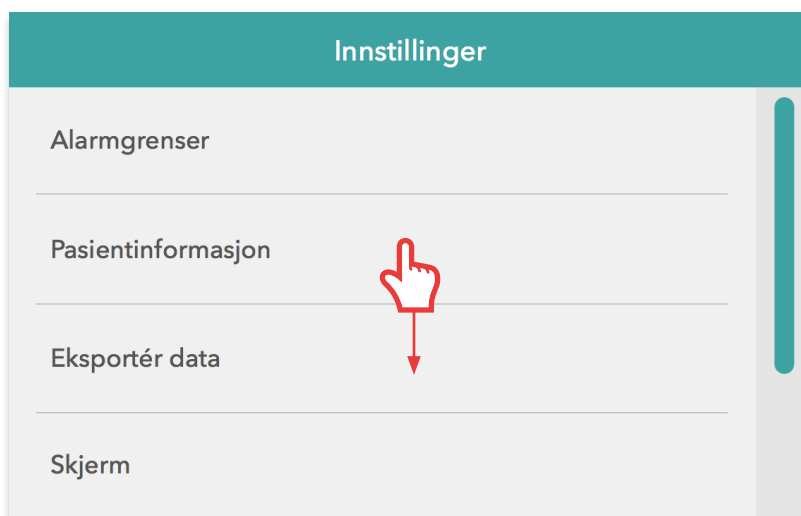
Det grafiske grensesnittet har en branching structure (Weinger et al., 2010) med innslag av lineær struktur i prosessene oppkobling mot pasient og kalibrering. En branching structure gir brukeren flere valgmuligheter og lar brukeren fokusere på det innholdet personen anser som viktigst (Weinger et al., 2010).

Fra navigasjonsbaren nederst på skjermen har brukeren tilgang til de hyppigst brukte funksjonene (utsnitt 1). Under fanen for innstillinger finnes ytterligere funksjonalitet som ikke er direkte knyttet til monitorering av pasient (utsnitt 2). Vi har ikke fokusert på denne, men vi tenker at en sideveis navigasjonsmodell av den typen man finner i mobilapplikasjoner kan benyttes. I den endelige versjonen av grensesnittet har vi også valgt å inkludere en egen fane for trend i nåtid og justering av alarmgrenser. Dette ble gjort for at man til enhver tid skal kunne være bevisst på hvor man befinner seg i systemet. Her fungerer fanen for trend som standardmodus. Etter at oppkobling og kalibrering er gjennomført vil hovedskjermbildet (skjerm bilde 1) være det første som møter brukeren. Under oppkobling og kalibrering setter

måleteknologien begrensninger som gjør at interaksjoner med apparatet eller sensorenheten må gjøres i en bestemt rekkefølge (utsnitt 3). Weinger et al. (2010) anbefaler en lineær struktur dersom det er viktig at brukerne ikke hopper over steg i en prosess. Denne strukturen kan være fordelaktig dersom apparatet skal brukes av brukere med lite eller ingen trening. Da kan instrumentet lede brukeren gjennom de ulike stegene i prosessen (Weinger et al., 2010). Siden kontinuerlig blodsuktermåling foreløpig er svært lite utbredt vil de fleste prosessene knyttet til bruken av GlucoSets apparat være nye for sykepleierne.

Ikoner

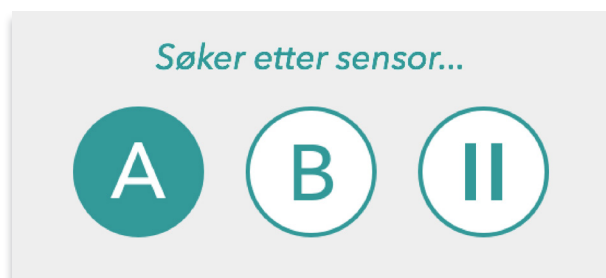
Vi har brukt ikoner fra eksisterende medisinske apparater for å skape mest mulig gjenkjennelighet til innholdet. Både alarmikonene og ikonet for alarmgrenseendring er hentet fra andre monitoreringsapparater. I tillegg til dette har vi brukt ikoner kjent fra mobilapplikasjoner. Vårt innsiktsarbeid viste at medisinske instrumenter følger sakte etter webutvikling. Et eksempel på dette kan ses i sjekklisten (utsnitt 3) der vi har brukt en spinner for å markere at systemet jobber med å registrere en ytre faktor.



UTSNITT 2: Under innstillinger finnes funksjonalitet som ikke er direkte knyttet til monitorering. Her kan brukeren bla seg nedover listen ved å sveipe med fingeren.



UTSNITT 3: Sjekklisten som brukes under oppkobling har en linær struktur. Her har vi brukt en spinner for å indikere at systemet jobber med å registrere en ytre faktor.



UTSNITT 4: De ulike understegene er markert med bokstaver. Stegene går av seg selv i en animert karusell. Ved å trykke på pausesymbolet pauser man animasjonene. Man kan så trykke på det understegete man ønsker mer informasjon om.

Oppkobling

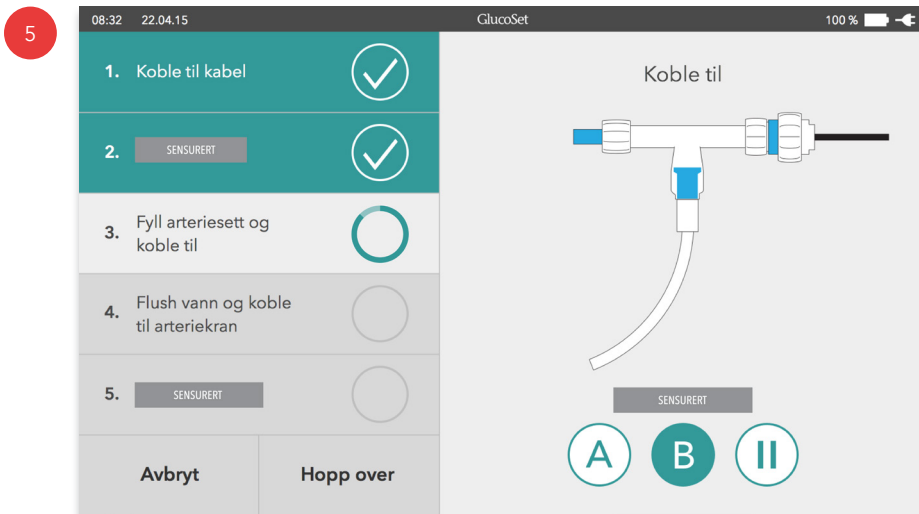
Å koble engangssensoren opp mot pasienten og apparatet er en prosess bestående av flere steg som må gjøres i riktig rekkefølge. For å gjøre prosessen enklere har vi inkludert en sjekklister i grensesnittet der sykepleierne må kvittere for å ha gjort et steg før de får informasjon om det neste (skjerm bilde 5 og 6). Listen består av fem hovedsteg med tilhørende understeg. Mens hovedstegene tar for seg den generelle interaksjonen med engangssensoren er understegene ment som et supplement. Her er interaksjonene brutt ned i detalj. Dette var et behov vi erfarte gjennom brukbarhetstesting.

Til hvert av stegene finnes det en forklarende figur av engangssensoren eller annet utstyr brukt under oppkobling.

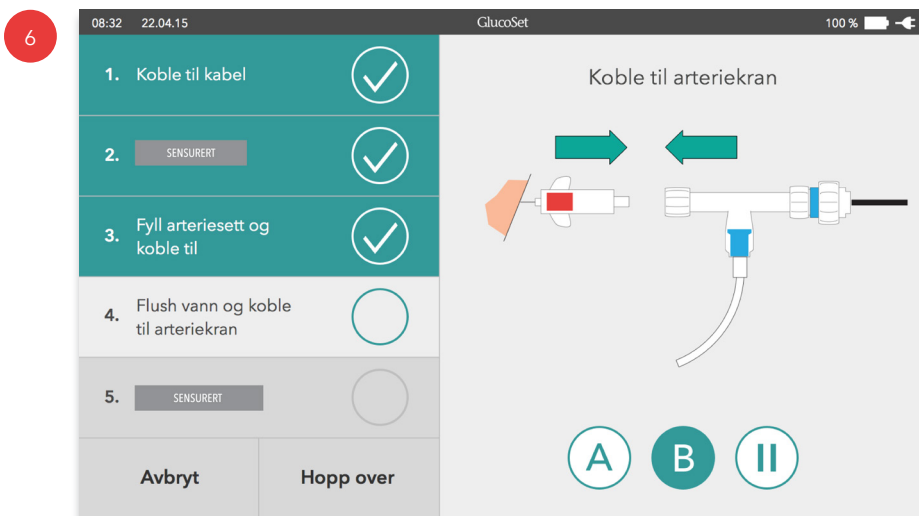
Understegene animeres i en karusell med et gitt tidsintervall. Den optimale lengden på tidintervallet er noe som må undersøkes grundigere. Animasjonene kan pauses dersom brukeren føler at de går for fort (utsnitt 4). Man kan da navigere mellom understegene ved å klikke på enkeltsteg. Her er det brukt bokstaver isteden for tall for å indikere rekkefølge.

På tre av hovedstegene har apparatet funksjonalitet til å automatisk registrere om steget blir gjort. Et eksempel på dette er under steg 1 (utsnitt 4). Her kan apparatet registrere om engangssensoren har blitt koblet til apparatet.

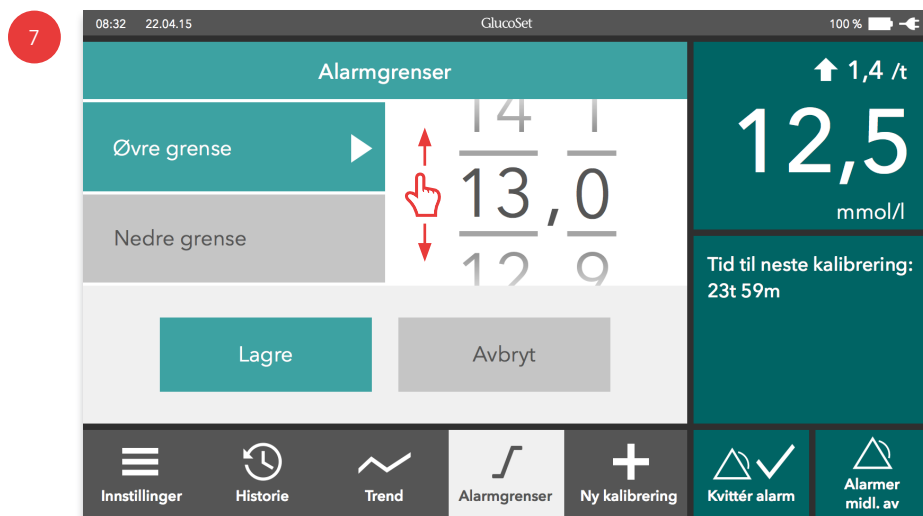
Sykepleieren har muligheten til å hoppe over sjekklisten dersom hun føler at hun har full kontroll over oppkoblingsprosedyren.



OPPKOBLING STEG 4: Man kan kun gå videre i listen ved å sjekke av i boksene til venstre eller ved at apparatet automatisk detekterer at man har gjennomført et steg.



OPPKOBLING STEG 5: Hvert steg har en instruksjon samt en forklarende figur av engangssensoren eller annet utstyr brukt under oppkobling.



ALARMGRENSENER: Under alarmgrensefanen kan man justere grensene ved å sveipe opp eller ned på et rullehjul.

Alarmgrenser

I den endelige versjonen av grensenettet valgte vi å plassere funksjonen for endring av alarmgrenser under en egen fane på navigasjonsbaren for å gjøre den enda mer synlig (skjerm bilde 7). For å justere grensene sveiper man på et rullehjul. I de fleste tilfeller vil sykepleierne kun justere grensene et par verdier av gangen og da vil et rullehjul være raskere enn et tradisjonelt numerisk tastatur. I tillegg vil konsekvensene ved feilinntasting være mindre. Ved å trykke på knappene til venstre skifter man mellom øvre og nedre grense.

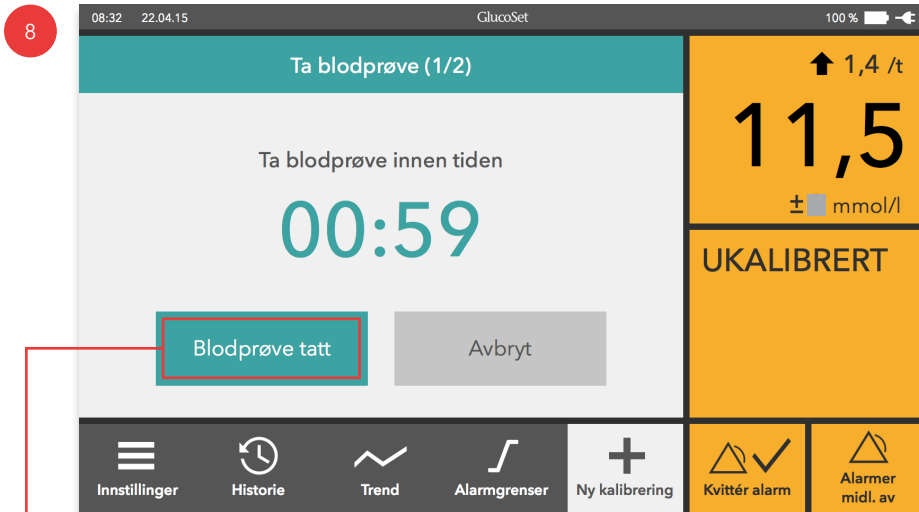
Kalibrering

Kalibreringsprosedyren finnes under fanen ny kalibrering. Ved oppkobling av en ny engangssensor vil det også være mulig å trykke på flisen der det står ukalibrert. Kalibrering er en tostegsprosedyre. I steg én må sykepleieren ta en blodprøve innen ett

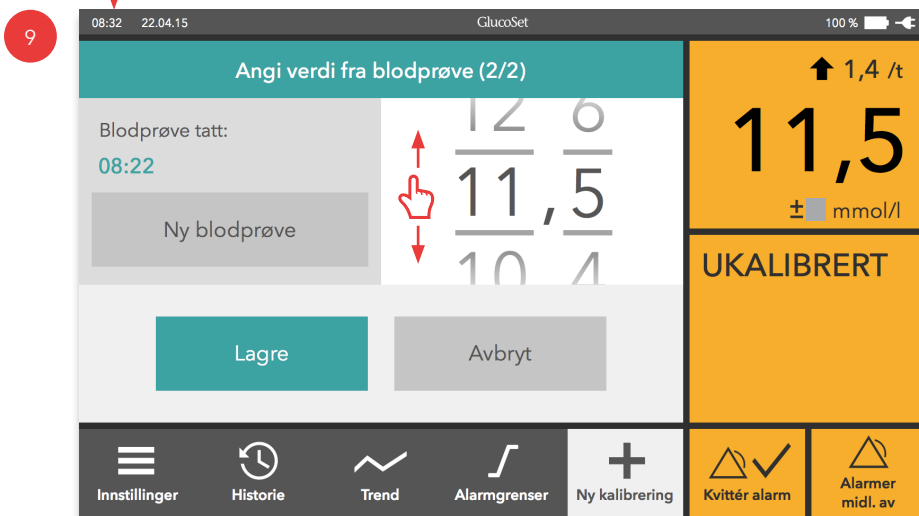
minutt og kvittere for denne (skjerm bilde 8). Blodprøven blir så analysert før verdien angis ved å sveipe på et rullehjul (skjerm bilde 9). Etter at apparatet er kalibrert vil den nederste av flisene til høyre på skjermen vise hvor lang tid det er til neste kalibrering (skjerm bilde 7).

Historie

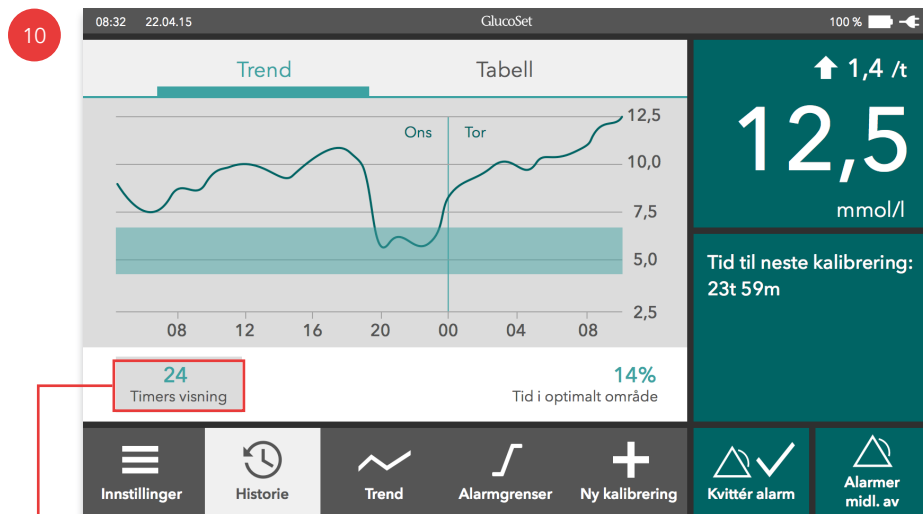
Under historiefanen kan sykepleierne se hvordan blodukkeret har endret seg den siste tiden i form av en trend eller en tabell (skjerm bilde 10 og 11). Brukerne kan navigere mellom de to funksjonene ved å bytte mellom to faner. I tabellfunksjonen kan man sveipe på skjermen for å bla seg nedover. I stedet for en egen fane til justering av intervall og oppløsning (som vi hadde i GUI 3.0) har vi brukt en lightbox. Denne legger seg over innholdet på en måte som gjør at brukeren fortsatt er bevisst på hvor hun befinner seg i applikasjonen (utsnitt 5 og 6).



KALIBRERING STEG 1: Sykepleieren må ta en blodprøve innen ett minutt.



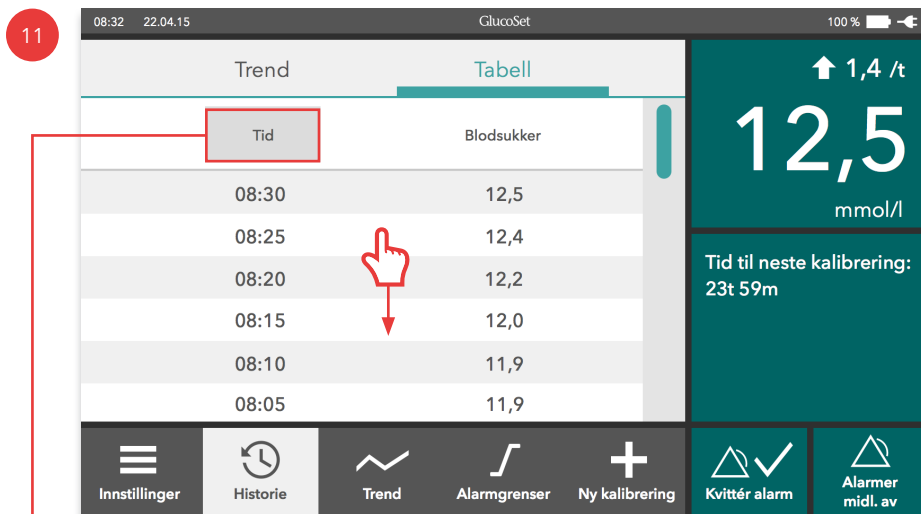
KALIBRERING STEG 2: Etter at blodprøven har blitt analysert må man angi blodsukkerverdien fra prøven ved å sveipe på et rullehjul.



HISTORIE: Under trendfanen kan brukeren se hvordan blodsukkeret har endret seg den siste tiden. Her vises også hvor lenge pasienten har hatt blodsukerverdier innenfor det optimale området på 4,5 - 6 mmol/l.



UTSNITT 5: Justering av intervallet på trenden. Man kan velge mellom 4, 6, 8, 12 og 48 timer.



HISTORIE: Under tabellfanen kan brukeren se hvordan blodsukkeret har endret seg på detaljnivå. Dette var et behov vi fant gjennom brukerinnvolvering.

Angi oppløsning

5 minutter

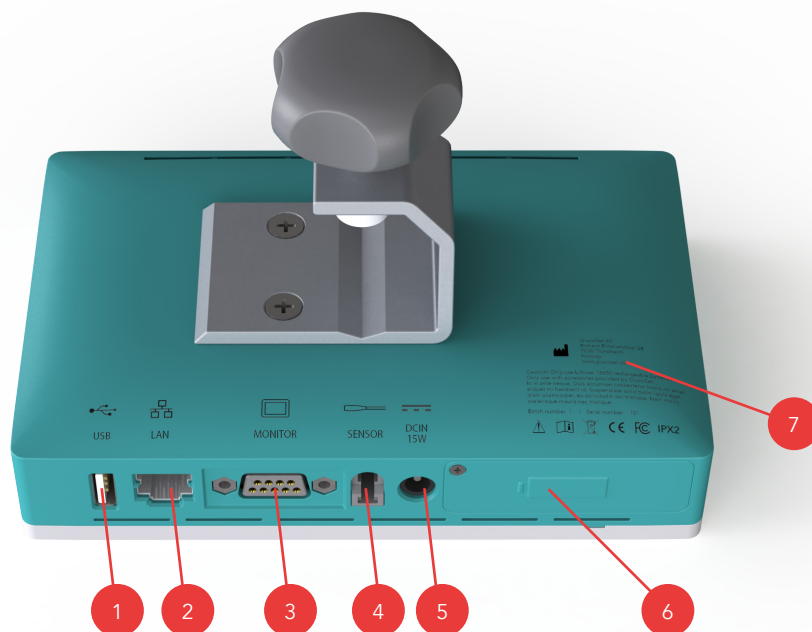
15 minutter

30 minutter

1 time

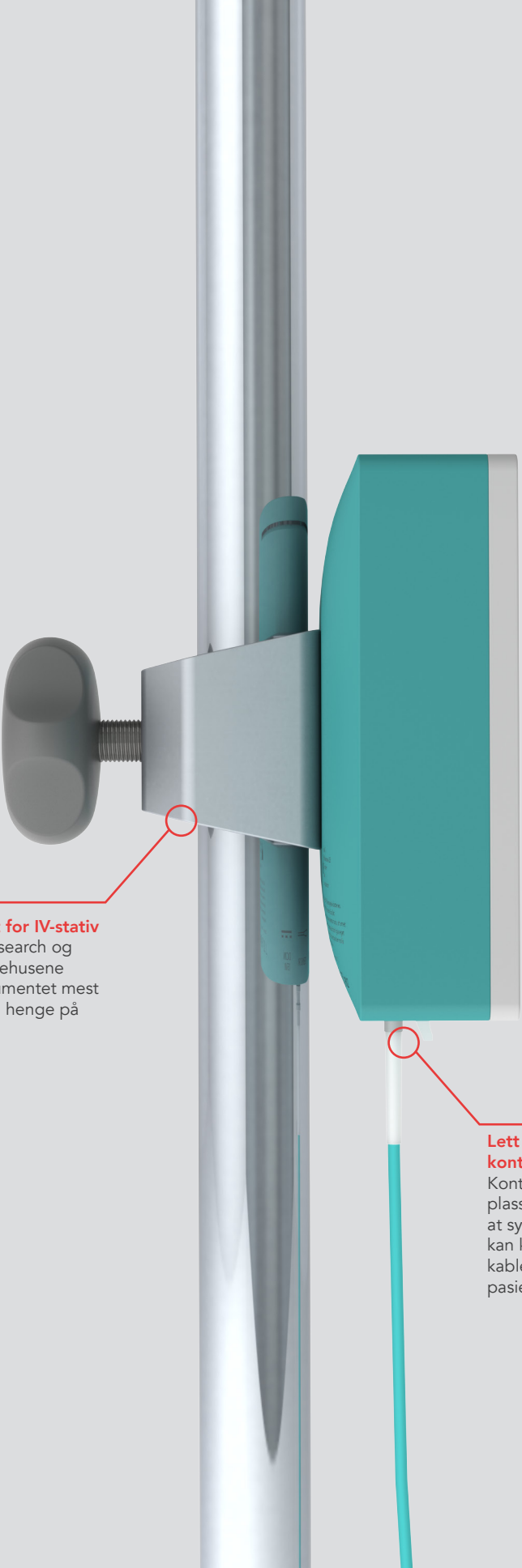
Lagre Avbryt

UTSNITT 6: Justering av oppløsning på tabellen. Man kan velge mellom 5, 15, 30 eller 60 minutter.



DETALJER

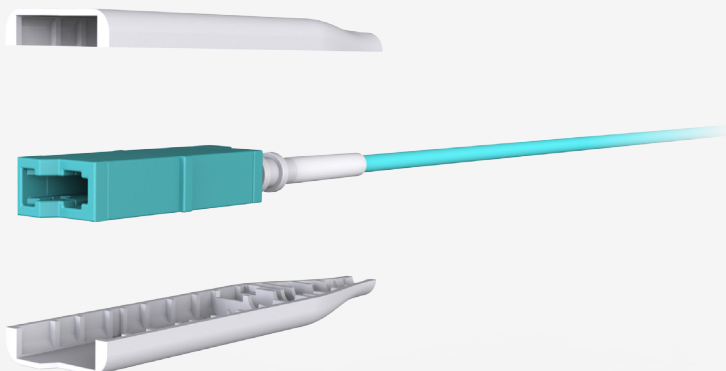
- 1) USB.** USB for eksportering av forskningsdata. Det å gjøre enheten enkel å forske med er strategisk viktig i en bransje med et sterkt klinisk fokus.
- 2) Nettverk.** Lan port for oppkobling mot sykehusets journalsystem. De fleste sykehusene benytter kablet nett.
- 3) Pasientmonitor.** Sykepleierne ser til pasientmonitoren for å finne vital informasjon. Derfor er det et stort fortrinn å kunne få verdien opp på dette instrumentet.
- 4) Fiberkontakt.** Fiberkontakt som går til pasienten. Denne og strømkabelen er plassert på midten da disse vil være mest i bruk.
- 5) Strøm.** Strømforsyningen er plassert eksternt ved støpselet. Med en ekstern strømforsyning blir apparatet mindre.
- 6) Batteriluke.** Ved service trenger man kun løsne en skrue for å bytte batteriene. Det er praktisk når teknisk avdeling ofte bytter batterier på 10-20 instrumenter om gangen.
- 7) Labels.** Påbudt informasjon og advarsler om produktet kan trykkes på baksiden. Symbolene og kravene ovenfor er hentet fra lignende instrumenter og fra Medical Device Design: Innovation from concept to market (Ogrodnik, 2012).



Optimalisert for IV-stativ
Sekundær research og besøk på sykehusene viste at instrumentet mest sannsynlig vil henge på IV-stativ.

Lett tilgjengelige kontakter

Kontaktene er plassert under, slik at sykepleierne fort kan koble til eller fra kablene ved flytting av pasient.

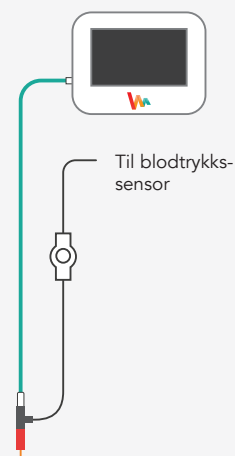


SENSORKONTAKT

Ved transport av pasienten kan det være hendig for sykepleierne å kunne koble fra sensoren raskt og enkelt. Derfor er løsningen basert på robuste og støvskjermede standardkomponenter brukt i telebransjen. Kabelen mellom instrumentet og sensoren kan enkelt byttes ved større kontamineringer.

Standardkomponentene er kledd inn i to ABS plastdeler, som sitter sammen ved hjelp av "ultrasonic welding". Dette gir sensorkontakten få delelinjer, som gjør at den er lett å rengjøre.

Gjennom feltstudier så vi at det var mange kabler og slanger som gikk til pasienten. Ved å legge til enkle silikonklips på ledningen kan sykepleierne klippe fiberkabelen sammen med arterietrykksettet som går til samme kateter. I tillegg er det mulig å henge fra seg kabelen bak instrumentet, siden dette er noe sykepleierne allerede pleier å gjøre. Målekabelen er farget grønn, for å tydeliggjøre hvilket instrument den hører til.



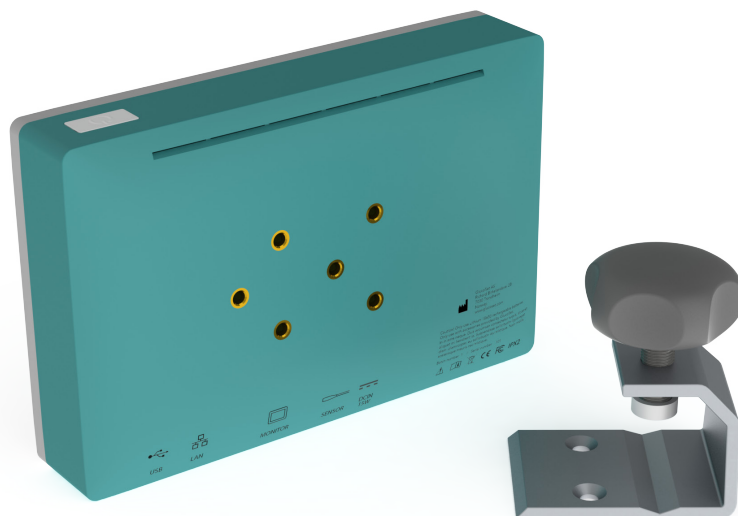
DEL AV ET SYSTEM

Gjennom små detaljer som festeklips spiller instrumentet på lag med konteksten det skal fungere i.



Klips for å minske antallet løse kabler og slanger. Sykepleierne kan enkelt hekte fiberkabelen sammen med arterietrykksettet.





MODULBASERT

På mange sykehus vil instrumentet henge på et IV-stativ eller et annet tilpasset rørfeste, men ingen sykehus er like. Instrumentet har en modulær løsning for montering der sykehuset kan velge den festemekanismen som passer best til deres intensivavdeling.

Stativfestet er montert ved sentrum av enhetens trykkflate, for å få en mest mulig jevn belastning ved trykk. Messinginnsatsene på baksiden av enheten er tilpasset et utvalg stativfester brukt på sykehus. På denne måten kan GlucoSet dra nytte av eksisterende stativfester i stedet for å utvikle egne. En slik modulbasert løsning gjør samtidig at man kan legge til spesielløsninger etterhvert som man oppdager nye behov.

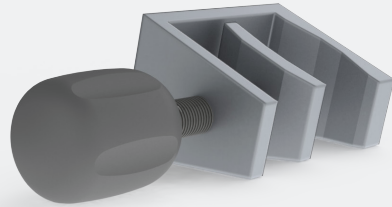
Vi designet et enklere standardfeste som vil passe den største andelen av IV-stativ, det vil si IV-stativ med diameter mellom 13 og 28 mm. Dette tror vi vil være en god løsning for majoriteten av intensivavdelinger.

ANDRE MODULER [I →](#)

Modeller av noen av modulene vi ser kan være nyttige for enkelte sykehus.

Skrud fra siden

Noen sykehus har større variasjoner i rørtykkelsen til IV-stativene eller det er vanskeligere å komme til bak instrumentet. Da kan det være lurt med et feste der man skrur fra siden.



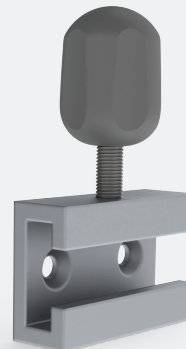
Vinklet feste

En del sykehus vil plassere instrumentet slik at det vil være behov for å vinkle instrumentet. I slike tilfeller kan det være lurt å ha en justerbar vinkel på skjermen.

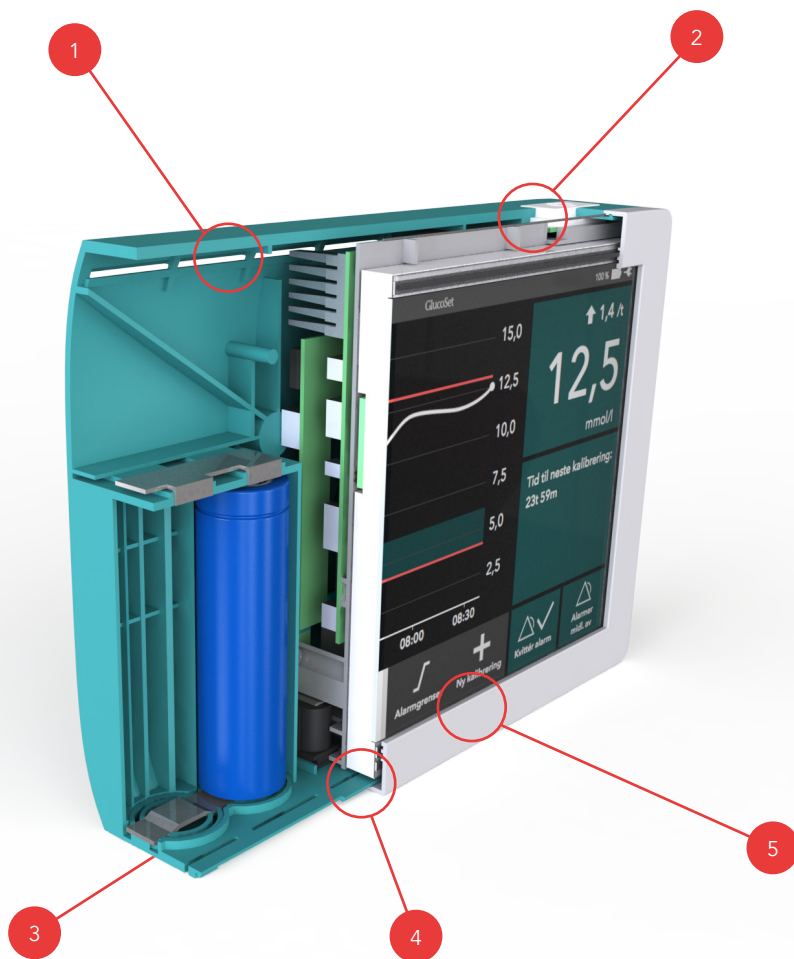


Montering på spesialstativ

Enkelte intensivavdelinger har egne spesialstativ. Da er det gunstig å kunne benytte stativleverandørens løsning for oppheng av instrumenter.

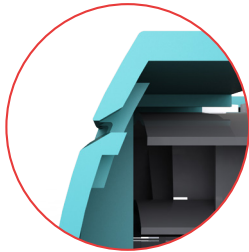


VANNBESKYTTET

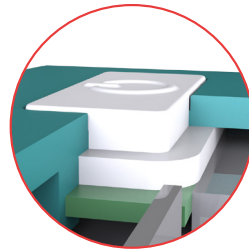


IPX2

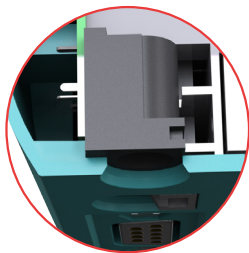
Konseptet overholder IPX2-krav. Det betyr at instrumentet kan motstå drypp av vann i 10 minutter fra en vinkel på 15 grader.



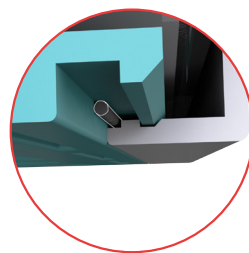
- 1) **Sprutsikker lufting.** En vinklet lufteåpning sørger for at luft slipper inn, mens vandråper renner forbi. Den lange lufteslusen er lett å rengjøre i en bevegelse.



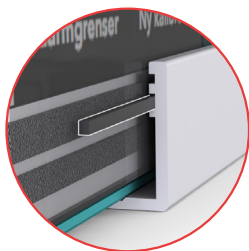
- 2) **Silikonknapp.** En silikonknapp presses mot bakdekselet av en PCB button pad. Dette gjør at knappen er tett for vann.



- 3) **Innsenkede kontakter.** Kontaktene er plassert i bunn og senket litt inn i kabinettet, noe som gjør at kontaktene er mindre utsatt for vann.



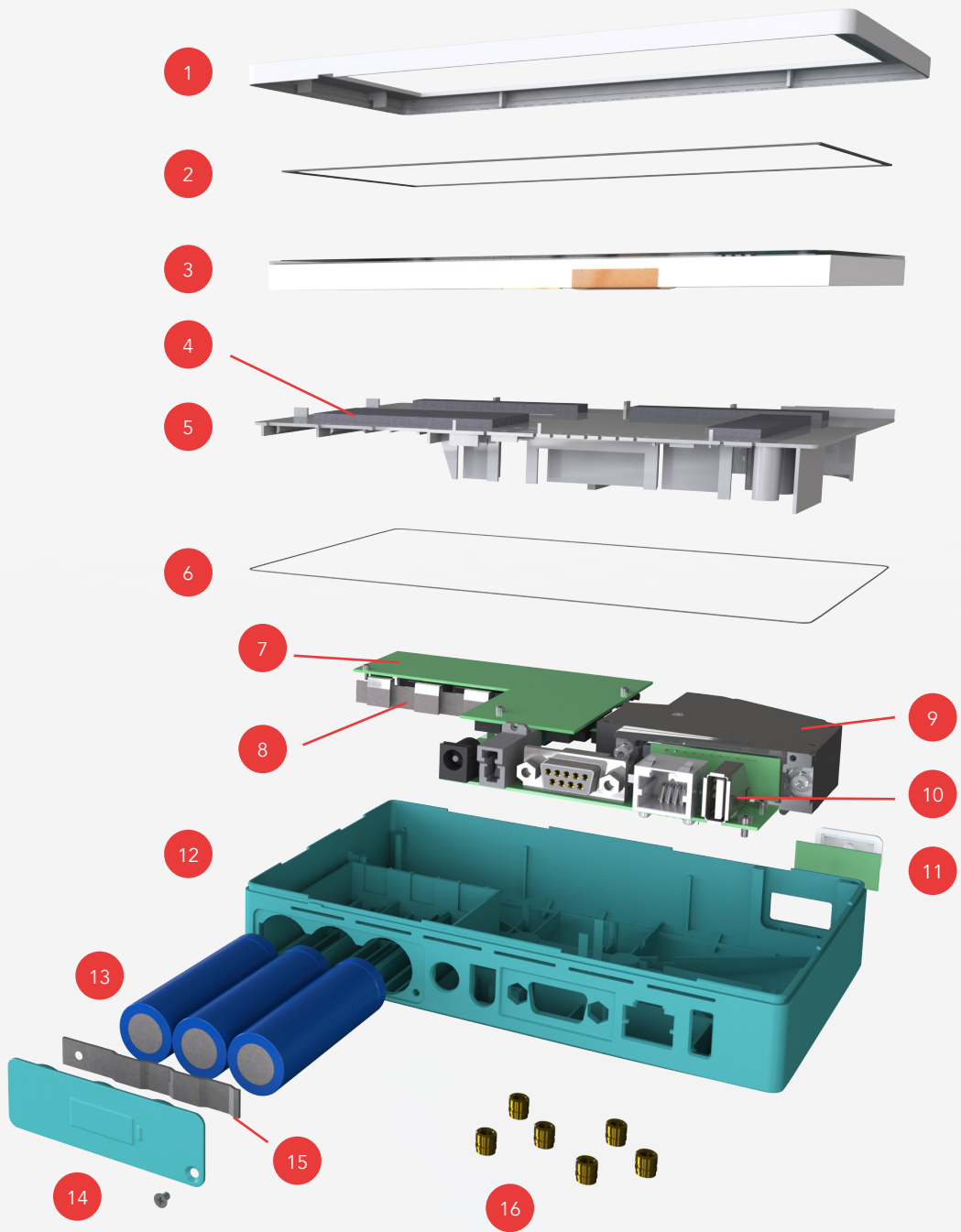
- 4) **Tett delelinje.** En o-ring sørger for at snap-fit mekanismen mellom bakdekselet og frontdekselet holder seg tett.

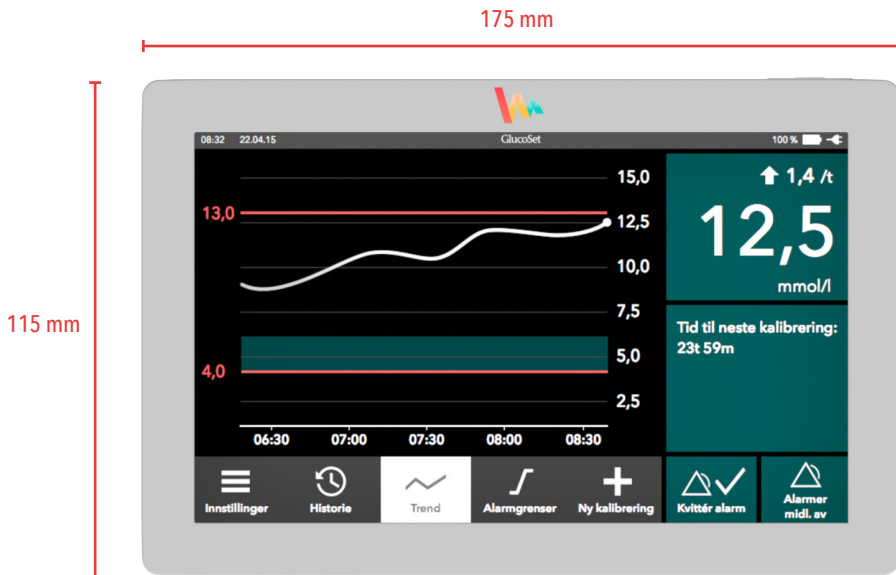


- 5) **Pakning langs skjerm.** Pakningen er lagt langs skjermens forside etter retningslinjer fra skjermleverandøren Newhaven Display International (2015).

OPPBYGGING

- 1) **Frontdeksel** i sprøytetøpt ABS. Ved hjelp av en snap-fit mekanisme hektes frontdekselet fast i bakdekselet.
- 2) **Pakning** som sørger for at overgangen mellom skjerm og frontdeksel er tett for vannsprut.
- 3) **Resistiv touchskjerm**. En syv tommer touchskjerm som fungerer med hansker.
- 4) **Skumputer**. Fire myke skumputer monterte på det indre plastdekselet gjør at skjermen og pakningen foran ligger i press mot frontdekselet.
- 5) **Indre deksel**. Sprøytetøpt deksel som gir støtte til skjerm og andre viktige komponenter.
- 6) **O-ring** som ligger langs overgangen mellom frontdekselet og bakdekselet, og sørger for at instrumentet er tett.
- 7) **Kretskort**. Kretskort med lyskilde, strømstyring, prosessor, høyttaler og monterte kjøleribber.
- 8) **Batteriklips** Batteriklips klipset fast i casing. Fører strøm og gjør at batteriene holdes i klem.
- 9) **Spektrometer** analyserer det reflekterte lyset fra sensoren.
- 10) **Kontakter**. Kontaktene er samlet på et kretskort for enkel montering. Kontaktene blir støttet opp av det indre dekselet for å minske slitasjen på kretskortet ved til- og frakobling.
- 11) **Av og på knapp**. En støpt silikonknapp ligger trykket mot innkapslingen med en "PCB button pad" bak seg.
- 12) **Bakdeksel**. ABS sprøytetøpt deksel som beskytter og holder komponentene på plass. Innsiden er sprayet med et metallisk lag som begrenser elektromagnetisk stråling.
- 13) **Litiumbatterier**. Tre 18650 litium-ion batterier gir instrumentet en batterilevetid på over tre timer.
- 14) **Batterideksel** som enkelt kan demonteres ved behov.
- 15) **Batteriklips**. Batteriklips som er heftet og skrudd fast i batteridekselet.
- 16) **Innskrudd messinginnsatser** sørger for at festemekanismene kan flyttes eller byttes flere ganger i løpet av produktets levetid.





↗ ↘ 7" skjerm



39 mm





EVALUERING

Tanker vi har gjort oss
Hva er veien videre?

REFLEKSJON

Brukerinnvolving

Brukerinnvolving har stått sentralt i dette prosjektet, da produktet skal brukes av ekspertbrukere i en kontekst som i utgangspunktet var helt ny for oss. Vi klarer ikke bli mer eksperter enn intensivsykepleierne i løpet av et halvt år, men ved å spille på lag med sykepleierne gjennom prosessen tror vi at vi har klart å komme fram til et godt konsept.

Standardisering vs innovasjon

I arbeidet med å utforme brukergrensesnittet har vi underveis i prosessen sett en konflikt mellom sykehusenes ønske om standardisering og et ønske om å utforme innovative og bedre løsninger. En av svakhetene med brukbarhetstesting er at brukerne ofte er påvirket av de interaksjonsmønstrene de er vant med. Dersom vi hadde designet grensesnittet basert utelukkende på tilbakemeldinger fra sykepleierne tror vi at vi hadde endt opp med et konsept som er nesten helt likt det man finner i pasientmonitoren. Det kan være tryggere for GlucoSet å lage et

grensesnittet som ligner mer på det man finner i pasientmonitoren, men vi tror at vi har definert en retning som er mer fremtidsrettet og i tråd med trendene i det medisinske markedet.

Å være to

Det å være to personer har gitt oss større mulighet til å diskutere løsninger underveis i prosjektet. Dette har vært spesielt nyttig da vi har jobbet innenfor et spesialfelt som gjør at det har vært vanskelig å diskutere problemstillinger med andre som ikke har vært kjent med konteksten eller teknologien til instrumentet. Vi har hatt ansvaret for håndverket på hvert vårt felt, men kommet frem til løsningene sammen. Å lage utkast hver for oss, for så å diskutere disse sammen har vært en viktig del av prosessen. Det å ha hvert vårt fokusområde har vært en trygghet ved at vi har kunnet være mer selektive med hva vi har satt oss inn i.

Som personer er vi begge strukturerte og grundige. Noen ulikheter har likevel blitt tydelige i løpet av prosjektet. Mens den ene

har vært en pådriver for å komme seg ut og finne innsikt, har den andre i større grad fokusert på å strukturere og samle innsikten. Vi tror dette har vært en god kombinasjon.

Verdi

Prosjektet har vært svært lærerikt og vi har fått innsikt i en spennende og krevende bransje med mange krav og reguleringer. Med innsikten fra prosjektet kan det være aktuelt å søke seg mot medisinsk sektor senere. Masteren har også gitt oss god erfaring i det å håndtere en sammensatt designutfordring. Dette tror vi er noe vi vil ha nytte av videre uavhengig av hva vi velger å jobbe med.

Vi har hatt en bred tilnærming til oppgaven, da vi har hatt et ønske om en helhetlig forståelse av bransjen. Dette er ikke så vanlig i industrien, der man gjerne jobber enda mer fokusert mot den konkrete løsningen, iterativt fra start. Man kan sette et spørsmålsteget ved om løsningen vår hadde blitt vesentlig annerledes om vi hadde kuttet ned på kartleggingsfasen. Vi tror allikevel at vår tilnærming har hatt

en større verdi for vår egen del og for GlucoSet, som har hatt et ønske om en bedre forståelse av brukskontekst og markedet de skal inn i. I løpet av prosjektet har vi forstått at det ofte blir enda flere revisjoner på medisinsk utstyr enn på andre produkter. Vi regner derfor med at apparatet vil endre seg en del før det er ute i markedet.

Det å jobbe tett med GlucoSet har gitt oss innsikt i hvordan det er å starte opp en bedrift i den medisinske tekniske bransjen. Den tette oppfølgingen, samt åpenheten vi har blitt møtt med, har samtidig gitt oss innblikk i den strategiske delen av å utvikle et nytt produkt.

Skalerbarhet

Vi tror at mye av arbeidet vi har gjort med designet av brukergrensesnittet kan overføres til andre monitoreringsapparater. Dersom GlucoSet eller andre medisinske tekniske bedrifter på et senere tidspunkt skal utvikle sensorer for lignende vitale parametere tror vi mye av innsikten fra dette prosjektet er overførbart.

VEIEN VIDERE

Gjenstående arbeid

Vi føler vi har nådd prosjektets mål og kommet frem til et realistisk konsept basert på innsikt om brukerne, trender for medisinsk utstyr, markedet og det vi vet om teknologien idag.

Vi ser samtidig at konseptet har forbedringspotensiale. Vi tror for eksempel at det kan være lurt å jobbe mer med grensesnittet mellom instrumentet og festemekanismen. Videre gjenstår ytterligere detaljering av grafisk brukergrensesnitt og optimalisering av produktet for produksjon. Det vil også være viktig for GlucoSet å se om konseptet vi har laget kan fungere for en større målgruppe enn intensivsykepleierne, dersom det skulle vise seg at de ønsker å satse på andre avdelinger på sykehuset.

Fremtiden for GlucoSet

GlucoSet må fortsette å optimalisere teknologien, og ta med seg brukerperspektivet videre i prosessen. For å slå igjennom er de avhengig av å lage et standalone apparat for bruk på intensivavdelinger. Får de til dette vil det være lettere å lisensiere ut teknologien eller

samarbeide med andre produsenter om en felles løsning. Dersom apparatet blir en suksess er det også sannsynlig at de blir kjøpt opp av en større produsent. På sikt vil instrumentet i seg selv trolig forsvinne og teknologien inngå i et annet instrument.

På lang sikt ser vi for oss at produktet kan ta to hovedretninger som vil ha konsekvenser for både utforming og grafisk brukergrensesnitt. Her er en kort beskrivelse av de to hovedretningene.

Alternativ 1

Denne retningen går ut på å utvikle apparatet mot å bli en del av en lukket reguleringssløyfe. Trender fra diabetesmarkedet kan tyde på at slike sløyfer er noe man vil se mer av i fremtiden. På grunn av regulasjoner vil en "åpen-lukket" sløyfe være mest sannsynlig i starten.

Alternativ 2

I vår løsning har vi allerede tilrettelagt for integrasjon mot pasientmonitoren. Det er stor sannsynlighet for at produktet kan bli ytterligere integrert i form av en modul til et monitoreringssystem.

ALTERNATIV 1



LUKKET REGULERINGSSLØYFE

På lang sikt er det sannsynlig at apparatet eller teknologien kan bli en del av et system der den kommuniserer med en medisinpumpe som gir pasienten riktig mengde insulin.

ALTERNATIV 2



EN MODUL

Det er også sannsynlig at teknologien kan bli del av en modul som inngår i et monitoreringssystem. På bildet er blodsukker lagt inn på en pasientmonitor av typen Philips.

KILDELISTE

- Base Case Inc. (2015). How Online Tools Are Changing Medical Device Sales. Hentet 8.03, 2015, Tilgjengelig fra: <http://basecase.com/articles/how-online-tools-are-changing-medical-device-sales>
- Constantino, C., Tilliss, J., & Kendler, J. (2013). Considerations for touchscreen user interfaces in medical devices., Tilgjengelig fra: <http://www.hfes.org/web/HFESMeetings/HCSPresentations/2014HCSCostantino.pdf>
- Cvach, M. (2012). Monitor Alarm Fatigue - An Integrative Review. Biomedical Instrumentation & Technology (July/August 2012), 268 - 277.
- Direktoratet for forvaltning og IKT (2015). uu-skolen for nettsider. 2015, Hentet 12.04, 2015, Tilgjengelig fra: <http://uu.difi.no/veiledning/nettsider/uu-skolen>
- Endsley, M.R. (1995b). Toward a theory of situation awareness in dynamic systems. Human Factors 37(1), 32–64.
- Finnmarkssykehuset (2014). "Smittevern nytt." Hentet 12.02, 2015, Tilgjengelig fra: <http://www.finnmarkssykehuset.no/getfile.php/Finnmarkssykehuset%20INTERNETT/Fag/Samhandling/Smittevernytt%20%5Bvises%20automatisk%20p%C3%A5%20nettsiden%5D/Smittevernytt%202014-08%3A%20Rengj%C3%B8ring%20av%20utstyr.pdf>
- Hagerup-Jenssen, I. (2014). CE-merking av medisinsk utstyr. Norsk Biotekforum - Møteplass kliniske studier: Avdeling for medisinsk utstyr og legemidler, Helsedirektoratet.
- HL7. (2015). About HL7. Hentet 18.02, 2015, Tilgjengelig fra: <http://www.hl7.org/about/index.cfm?ref=nav>
- Helse Sør-Øst (2013). Strategisk utvikling av innkjøp og logistikk i Helse Sør-Øst [Strategidokument]. Hentet 28.02, 2015, Tilgjengelig fra: <http://www.helse-sorost.no/aktuelt/nyheter/ /Documents/Strategidokument%20innkj%C3%B8p%20og%20logistikk%20HS%C3%98%202013-2016.pdf>
- Human Factors and Ergonomics Society [HFES] (2002). BSR/HFES100 : Human Factors Engineering of Computer Workstations. Santa Monica, CA: Human Factors and Ergonomics Society

- Hunter, M. (2015). The Design Process: What is the Double Diamond?, Hentet 28.05, 2015, Tilgjengelig fra: <http://www.designcouncil.org.uk/news-opinion/design-process-what-double-diamond>
- IEC-International Electrotechnical Commission. (2004). International Standard IEC 60601-1. Medical Electrical Equipment, Part, 1.
- ISO - International Organization for Standardization (2003). ISO 13485: Medical devices -- Quality management systems -- Requirements for regulatory purposes.
- Joint Commission Resources (2004). Improving Care in the ICU. 1st edition. Illinois.
- Kano, N., Seraku, N., Takahashi, F., & Tsuji, S. (1984). Attractive quality and must-be quality.
- Kestin, I. G., Miller, B. R., and Moore, C. H. (1986). Auditory alarms during anesthesia monitoring.
- Kosiborod, M., Rathore, S. S., Inzucchi, S. E., Masoudi, F. A., Wang, Y., Havranek, E. P., & Krumholz, H. M. (2005). Admission glucose and mortality in elderly patients hospitalized with acute myocardial infarction implications for patients with and without recognized diabetes. *Circulation*, 111(23), 3078-3086.
- Logic PD (2015). Battery Power Design Tool | Logic PD. Tilgjengelig fra: <http://powerdesign.logicpd.com/app.php#/demo/custom/budget>
- Martin, B., & Hanington, B. (2012). *Universal Methods of Design*: Rockport Publishers.
- McMahon, C., & Browne, J. (1993). *CADCAM From principles to practice*: Addison-Wesley.
- Minnetronix. (2015). Cognita Connect. Tilgjengelig fra: <http://www.cognitaconnect.com/>
- Newhaven Display International Inc. (2015). Touch Panel Integration Guide. Tilgjengelig fra: http://www.newhavendisplay.com/tp_integrationguide.html

Kildeliste

- NRK (2014). Schrødingers katt. Oslo, NRK. Hentet 15.2.2015, Tilgjengelig fra:
<http://tv.nrk.no/serie/schrodingers-katt/DMPV73001214/20-03-2014#t=14m50s>
- O'Carroll, T. M. (1986). Survey of alarms in an intensive therapy unit. *Anaesthesia* , 41 , 742–744.
- Ogrodnik, P. J. (2012). *Medical Device Design: Innovation from concept to market*. Academic Press.
- Royal Berkshire Hospital (2012). ICU - Insight and Aftercare. Hentet 27.2.2015, Tilgjengelig fra:
https://www.youtube.com/watch?v=b9yJrz_7pbM
- Provita Medical GMBH (2015). Products. Hentet 27.2.2015, Tilgjengelig fra:
<http://www.provita.de/products-83-13.html>
- Skjærvold, N. K. (2012). *Automated Blood Glucose Control*. Department of Circulation and Medical Imaging. Trondheim, NTNU. Doktorgrad.
- Stickdorn, M., & Schneider, J. (2013). *This is service design thinking: BIS*.
- Stipe, D. (2015). Color in Medical Products. Hentet 15.2.2015, Tilgjengelig fra: <http://www.formamedicaldevicedesign.com/white-papers/color-medical-products/>
- Tjora, A. (2012). *Kvalitative forskningsmetoder i praksis*: Gyldendal Akademisk
- Weinger, M. B., Wiklund, M. E., & Gardner-Bonneau, D. J. (Eds.). (2010). *Handbook of human factors in medical device design*. CRC Press.
- Wong, B (2011). Simplify to clarify. *Nature Methods*, 8, 611

