



AARHUS SCHOOL OF ENGINEERING

SUNDHEDSTEKNOLOGI
2. SEMESTERPROJEKT

Rapport

Gruppe 1

Lise Skytte Brodersen (201407432)
Mads Fryland Jørgensen (201403827)
Albert Jakob Fredshavn (201480425)
Malene Cecilie Mikkelsen (201405722)
Mohamed Hussein Mohamed (201370525)
Sara-Sofie Staub Kirkeby (201406211)
Martin Banasik (201408398)
Cecilie Ammizbøll Aarøe (201208778)

Vejleder

Studentervejleder
Lars Mortensen
Aarhus Universitet

26. maj 2015

Resumé

Dette projekt beskæftiger sig med hjertesygdommen atrieflimren samt elektrokardiografi. Formålet for projektet er at lave et program, der ud fra en virtuel patients EKG-signal kan afbilde en EKG-graf. Grafen skal være analyserbar i forhold til at detektere atrieflimren hos patienten. Programmet skal desuden kunne gemme EKG-signalets data, både i en privat- og offentlig database. Alt dette er opnået i det kodet program, som er projektets produkt. Analysen er den essentielle del af programmet, som er skrevet på baggrund af viden omkring, hvordan atrieflimren udformer sig som EKG-graf.

Vandfaldsmodellen er benyttet til at udvikle softwaren. Metoderne SysML samt UML er benyttet til henholdsvis systembeskrivelse og softwarebeskrivelse. Til beskrivelse af hjertesygdommens patofysiologi, er anvendt metoden tekstanalyse og kildekritik.

Programmet lever op til de væsentlige opstillede krav, både funktionelle og ikke-funktionelle. Programmet kan afbilde, analysere og gemme EKG-grafen. Ligeledes er det lykkedes at kunne gemme EKG-signalets data i en privat-, samt offentlig database.

Projektet har altså opfyldt de overordnede krav. Dette er dokumenteret ved en accepttest. Udviklingen af projektet har været præget af projektgruppens vision til virkeligheden, og hvordan projektet i sig selv kunne have indflydelse hos sundhedsprofessionelle.

Abstract

This study examines the heart disease atrial fibrillation together with electrocardiographic signals. The purpose of this project is to code a software to where a virtual patient's ECG-signal can be plotted on a graph. Said graph has to be analyzable to detect atrial fibrillation in a patient's heart. The coded software should additionally be adequate at storing the ECG-signal's data in both a private-, as well as a public database. All this has been achieved in the program, which is the product of this project. The analysis mechanism of the program is the essential part of the software. This is done by researching atrial fibrillation at its essential features when presented as an ECG-plotted graph.

Several methods have been used, including the waterfall model which has been used to set a course for developing the software. UML and SysML have been adopted respectively to the System description and software description. Text analysis and source criticism has benefited to interpret the heart diseases pathophysiology.

The program complies with both the functional and non-functional requirements. It is capable of illustrating the ECG-signal as well as analyzing and preserving the illustrated graph, in private and public databases.

The paper has succeeded its main requirements, which is documented further by an acceptance test. Finally, the progress of this study has been characterized by the concerning group's vision to the real world, and how this project's topic could have an influence with professionally educated healthcare personnel.

Gruppemedlemmer

Lise Skytte Brodersen (201407432)	Dato
Mads Fryland Jørgersen (201403827)	Dato
Albert Jakob Fredshavn (201480425)	Dato
Malene Cecilie Mikkelsen (201405722)	Dato
Mohamed Hussein Mohamed (201370525)	Dato
Sara-sofie Staub Kirkeby (201406211)	Dato
Martin Banasik (201408398)	Dato
Cecilie Ammitzbøll Aarøe (201208778)	Dato

Vejleder

Lars Mortensen	Dato
----------------	------

Godkendelsesformular

Godkendelsesformular

Forfattere:

Lise Skytte Brodersen

Mads Fryland Jørgensen

Albert Jakob Fredshavn

Malene Cecilie Mikkelsen

Mohamed Hussein Mohamed

Sara-Sofie Staub Kirkeby

Martin Banasik

Cecilie Ammitzøll Aarøe

Godkendes af: Lars Mortensen

Antal sider ??

Kunde Aarhus Universitet

Ved underskrivelse af dette dokument accepteres det af begge parter som værende kravene til udviklingen af det ønskede system.

Dato: 28/5-2015

Kundens underskrift

Leverandørens underskrift

Ordliste

Ord	Forklaring
EKG	Elektrokardiografi
DAQ	Data acquisition
AV-klapper	Atrioventrikulær-klapperne
AV-knuden	Atrioventrikulær-knuden
ISE	Indledende System Engineering
SysML	System Modeling Language
BDD	Block Defination Diagram
IBD	Intern Block Diagram
SD	Sekvensdiagram
UML	Unified Modeling Language
Cerebral apopleksiske	Slagtilfælde i hjernen (blodprop/hjerneblødning)
Hjerteinsufficiens	Hjertesvigt
SQL	Structured Query Language

Indholdsfortegnelse

Versionshistorik

Version	Dato	Ansvarlig	Beskrivelse
1.0	13-05-2015	MFJ, LSB og AJF	Påbegyndt indledning
1.1	19-05-2015	LSB	Færdigskrevet indledning og projektformulering
1.2	22-05-2015	MCM	Beskrivelse af projektgennemførelse tilføjet
1.3	22-05-2015	SSK	Tilføjet Specifikation og analyse samt arkitektur
1.4	22-05-2015	MFJ	Tilføjet Fremtidigt arbejde
1.5	22-05-2015	LSB	Tilføjet Systembeskrivelse
1.6	25-05-2015	SSK	Tilføjet Implementering, design og test
1.7	25-05-2015	MFJ	Tilføjet Metode, ordliste og litteraturliste
1.8	25-05-2015	LSB	Tilføjet Resultat
1.9	25-05-2015	MCM	Tilføjet Diskusion
1.10	26-05-2015	AJF	Tilføjet resumé og abstract
1.11	26-05-2015	CAA	Tilføjet krav
1.12	26-05-2015	ALLE	Tilføjet udkast til konklusion

Indledning

1

I dagens Danmark er incidensen af hjertesygdomme på ca. 45.000 nye tilfælde årligt¹. Mange typer af hjertesygdomme diagnosticeres via et EKG-apparat, der måler patientens hjerterimpulser. Disse impulser bliver afbildet som en graf, der indeholder P-, Q-, R-, S- og T-takker. Det er forholdet mellem disse takker, der fortæller, hvordan hjerterimpulserne hos patienten er. Hvis en patient har et rask EKG-signal, skal forholdet mellem takkerne være indenfor nogle bestemte intervaller. Et EKG-signal, der afviger fra disse standarder siges at være abnormalt og patienten bør tjekkes for en eventuel hjertesygdom. Derfor er et EKG-apparat en vigtig teknologi indenfor sundhedsvæsenet i forhold til videre diagnosticering af hjertesygdomme.

Formålet med dette projekt er, at udvikle en software, som netop har til formål at detektere en selvvalgt hjertesygdom. Den nødvendige hardware samt et stykke kode, der betragtes som Blackbox, er blevet udleveret ved projektets start.

Dette specifikke projekt omhandler sygdommen atrieflimren. En sygdom, der særligt omfatter den ældre befolkning, da prævalensen i Danmark er 5-10%² for borgere over 80 år. Atrieflimren forekommer, når patientens atrie-kontraktionsmønster forstyrres og dermed begynder at flimre. Atrieflimren karakteriseres ved, at der forekommer 220-300 små udsving pr. minut på EKG-signalets baseline. Desuden vil der i frekvensspektret 300-400 Hz, opstå forhøjede amplituder. Det er ud fra denne karakteristik af amplituder, der, i Visual Studio, er blevet udarbejdet en analyse, som kan detektere atrieflimren. Denne analyse er en del af et større program, hvis formål også er, at kunne visualisere og gemme et givet EKG-signal i en privat- samt offentlig database.

Rapporten er udført som en naturvidenskabelig rapport med først og fremmest et baggrundsafsnit. Dette afsnit fortæller overordnet omkring hjertets funktionalitet, atrieflimren og elektrokardiografi. Det er denne teori, som ligger til grund for systemets design og opbygning, samt hvilke krav, der er stillet til systemet.

¹http://www.si-folkesundhed.dk/upload/hjertekarsygdomme_i_2011-2_rapport.pdf

²<https://www.sundhed.dk/borger/sygdomme-a-aa/hjerte-og-blodkar/sygdomme/hjertearytmier/atrieflimren-og-flagren/>

Projektformulering 2

Dette projekt har til formål at udvikle software, der kan afbilde, detektere atrieflimmer samt gemme et EKG-signal i en database. Projekt tager udgangspunkt i virtuelle patienters EKG-signaler. Disse EKG-signaler hentes fra Physionet¹, som er en ekstern database, der indeholder mange forskellige EKG-signaler fra forskellige patienter. EKG-signalerne ændres fra en CSV-fil til et digitalt signal af udleveret hardware, som består af Analog-discovery og en DAQ.

Det er dette digitale signal softwaren skal kunne afbilde som en graf - en såkaldt EKG-graf. Et andet krav til projektet er, at softwaren skal via en analyse detektere atrieflimren hos den virtuelle patient. Målingen skal også gemmes i en privat database. Den private database skal forstås således, at databasen er tilknyttet et specifikt sted, fx et sygehus, hvor lige præcis denne EKG-måling er foretaget.

Den 4. Maj 2015 indførte Sundhedsstyrelsen et krav, om at alle EKG-målinger foretaget i Danmark skal gemmes i en offentlig database. Det vil sige, at EKG-signalet skal både gemmes i den private- og den offentlige database. Den offentlige database gør det muligt at kunne tilgå et EKG-signal uafhængig af, hvor målingen er foretaget.

Softwaren skal udarbejdes i Visual Studio på baggrund af trelagsmodellen².

Så helt specifikt skal dette projekts produkt være en prototype til et software system, som kan benyttes i et EKG-apparat. Softwaren kan afbilde EKG-grafen, gemme EKG-signalets data i privat- og offentlig database, samt detektere forekomsten af atrieflimren for den virtuelle patients EKG-signal.

Ansvarsområde

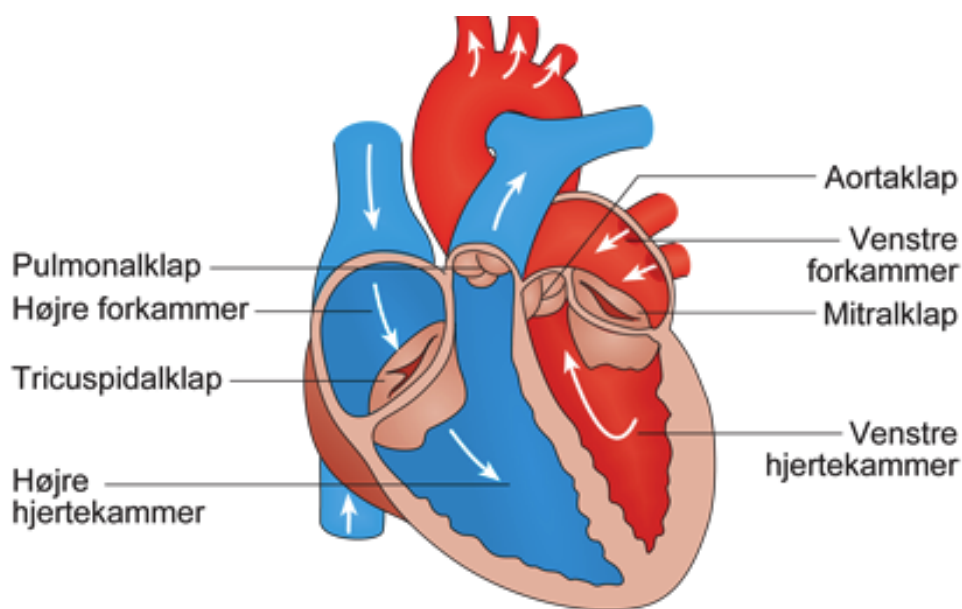
Dokument	Afsnit	Ansvarlig
Rapport	Indledning	MFJ, LSB, CAA og AJF

¹www.physionet.org

²Se dokumentation 3.3

3.1 Hjertet

Hjertet, *cor*, er en hul muskel, der har til opgave at pumpe blodet rundt til hele kroppen. Hjertet består af i alt fire kamre, som det kan ses på figur 3.1 nedenfor. To forkamre, atrier, og to hjertekamre, ventrikler. Atrierne fungerer primært som reservoir for blod, mens ventriklerne fungerer som den effektive pumpe.



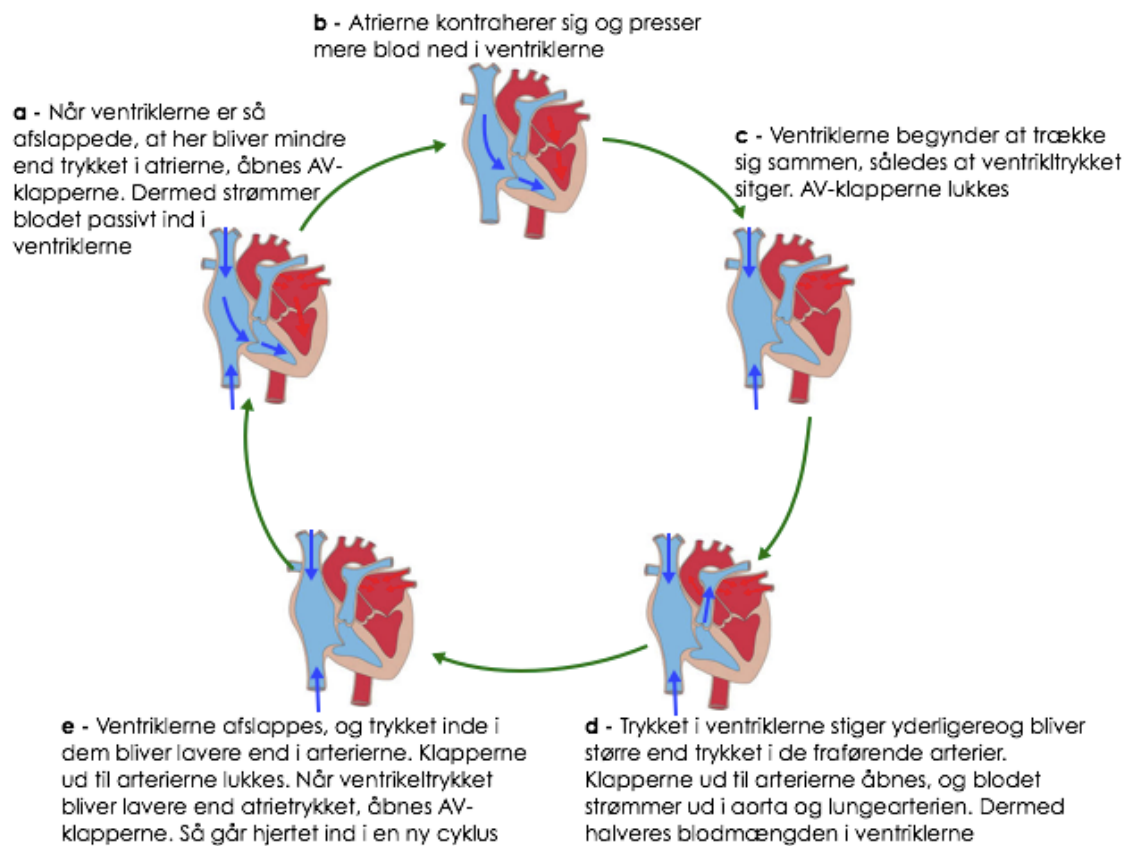
Figur 3.1: Hjerte med forklarende pile ¹

Hjertekamrene og forkamrene er adskilt fra hinanden af anulus fibrosus, som er en plade af bindevæv. Anulus fibrosus består af fire bindevævsringe, der er forbundet med hinanden. To af disse udgør åbningerne mellem atrierne og ventriklerne. De to sidste danner åbningerne mellem højre hjertekammer og lungepulsåren og venstre ventrikel og hovedpulsåren. Ved alle bindevævsringene er der klapper, der fungerer som ventiler.

AV-klapperne sidder mellem atrierne og ventriklerne. Klappen mellem højre atrium og ventrikel kaldes tricuspidalklap, mens klappen mellem venstre atrium og ventrikel kaldes mitralklap, se figur 3.1. Aortaklappen er placeret ved afgang af hovedpulsåren og pulmonalklappen ved afgang af lungepulsåren. Klapperne fungerer således, at blodet kun kan løbe én vej gennem dem. Åbningen samt lukningen af disse er en passiv proces, som

¹http://www.hjertelunge.dk/hjertesygdomme/hjerte_og_kredsloeb/hjertet/

bestemmes af forskelle i væsketrykket på de to sider af klapperne.



Figur 3.2: De forskellige faser i hjertets cyklus ²

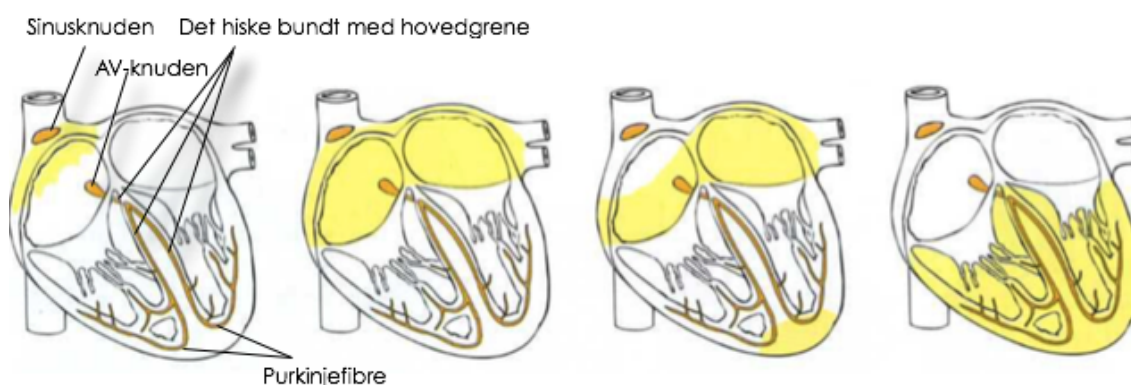
Hjertets cyklus, som er illustreret ved figur 3.2, inddeles i to hovedfaser. Den første kaldes diastolen. I diastolen er ventriklene afslappede og fyldes med blod. Det vil sige, at trykket i ventriklene bliver lavere end trykket i atrie, således at AV-klapperne åbnes, og blodet begynder at strømme ind i ventriklene. Under hele diastolen er aortaklappen lukket. Den anden fase kaldes systolen. I systolen kontraherer ventriklene sig. Trykket i ventriklene overstiger trykket i atrie, således at AV-klapperne lukkes, så tilbagestrømning af blod til atrie forhindres. Når ventriklene har kontraheret sig så meget, at trykket i ventriklene overstiger trykket i hovedpulsåren samt i lungepulsåren, åbnes aortaklappen og pulmonalklappen, og blodet strømmer ud i hovedpulsåren og lungepulsåren. Ventriklernes tryk falder igen til under atriernes tryk, hvilket påvirker, at AV-klapperne åbnes igen og diastolen begynder igen.

Hjertets cyklus igangsættes i sinusknuden ved aktionspotentialer, der føres til de forskellige dele af hjertet. Dette sker enten ved, at aktionspotentialer går fra hjertemuskelcelle til hjertemuskelcelle gennem åbne celled forbindelser, eller gennem åbne celled forbindelser mellem specialiserede hjertemuskelceller i hjertets specielle ledningssystem. Det specielle ledningssystem består af tre sammenhængende dele - AV-knuden, det hvide bundt gennem anulus fibrosus og det hvide bundt over i purkinjefibre (se figur 3.3).

Hjertets ledningssystem har to hovedopgaver. Først at sørge for, at aktionspotentialer

²Billede fra "Menneskets anatomi og fysiologi"s. 273 figur 9.6

spredtes hurtigt gennem hjertet, og dermed sørge for at hjertemuskulaturen i ventriklen kontraheres næsten samtidig. Denne næsten samtidige kontraktion medfører, at der inde i ventriklerne opbygges et effektivt tryk. Purkinjefibre, som kun er i ventriklerne og ikke atrierne, gør at aktionspotentialerne spredtes hurtigere i ventriklerne end i atrierne. Den anden hovedopgave er derfor at sørge for en vis forsinkelse i impulsledning fra atrierne til ventriklerne. Forsinkelsen er mulig, da anulus fibrosus, der adskiller atrierne og ventriklerne, fungerer som en elektrisk isolator. Derfor skal aktionspotentialet ledes fra atrierne til ventriklerne via det specialiserede ledningssystem, og da AV-knuden leder aktionspotentialet særlig langsomt, opstår forsinkelsen. Dette medfører, at atriernes kontraktion fuldføres, før ventriklernes igangsættes, dermed er der sikret en tilstrækkelig fyldning af ventriklerne, før de pumper blodet videre. Denne spredning og udløsning af aktionspotentialer sker regelmæssigt, og er den afgørende faktor for hjertets kontraktions rytme.



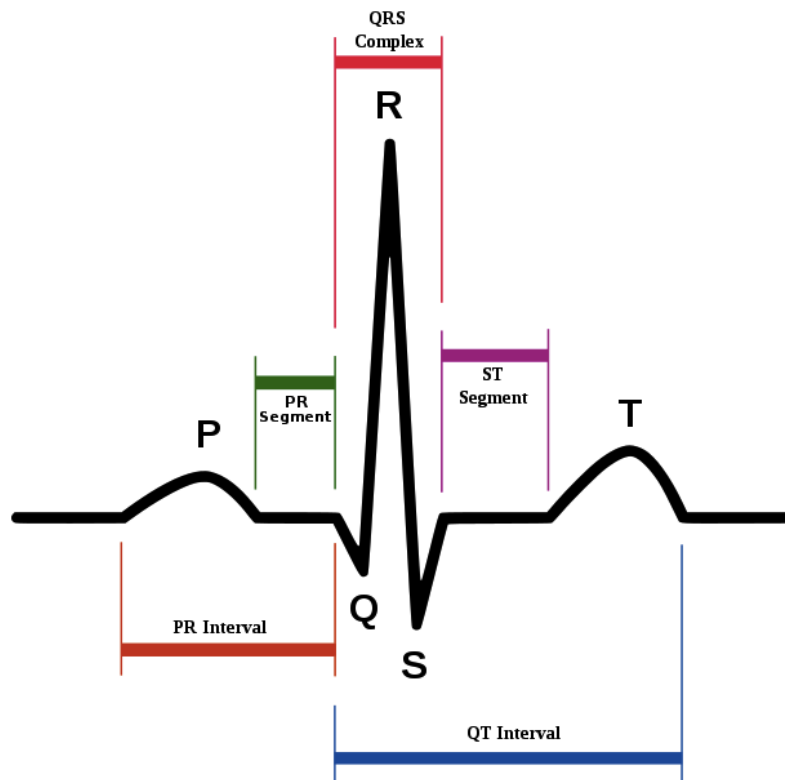
Figur 3.3: Spredning af aktionspotentialer gennem hjertet ³

I Figur 3.3 ses spredningen af aktionspotentialer gennem hjertet. Aktionspotentialet udløses i sinusknuden og forsinkes i AV-knuden. Dernæst ledes aktionspotentialet videre til ventrikelmuskulaturen. De farvelagte områder er de depolariserede områder og det ses, at atriernes depolarisering er afsluttet før ventriklernes er startet.

3.2 Elektrokardiogram

Et elektrokardiogram, EKG, afspejler hjertets elektriske aktivitet. Teknikken kaldes elektrokardiografi og udføres via elektroder, der er placeret forskellige steder på kroppen, primært omkring hjertet. Elektroderne måler den elektriske aktivitet via en overflade strøm, der går ud fra thorax. Det er disse strømme, som danner de forskellige graf-udsving, som er EKG-signalets takker. Takkerne viser atriernes- og ventriklernes systole og diastole, og er inddelt i P-takken, QRS-komplekset og T-takken. Grafisk vil EKG signalet være vist som det ses på figur 3.4 nedenfor.

³"Menneskets anatomi og fysiologi"s. 275 figur 9.9



Figur 3.4: Normalt EKG-signal ⁴

P-takken viser atriets depolarisering, og dertil er der P-takken til QRS-komplekset, der er aktionspotentialt fra atrier til ventrikler. QRS-komplekset udgør ventrikel depolarisering. QRS-komplekset er større end P-takken, da muskelmassen i ventriklerne er større end atriernes muskelmasse, hvilket påvirker en højere elektrisk aktivitet. T-takken beskriver ventriklernes repolarisering. Denne er også mindre end QRS-komplekset, da repolariseringen forløber langsommere end depolariseringen.

Elektrokardiografi giver et billede af, hvordan ens hjerte fungerer. På figur 3.4 ses et EKG-signal for et raskt hjerte. Ved et raskt hjerte vil intervallerne mellem takkerne i EKG-signalet være følgende:

- PR Interval: 0.12 - 0.20 sekunder
- QRS Complex: 0.08 - 0.10 sekunder
- QT Interval: 0.4 - 0.43 sekunder
- RR Interval: 0.6 - 1.0 sekunder

Hvis hjertet ikke fungerer optimalt, vil EKG-signalet se anderledes ud, og en sundhedsfaglig person vil kunne diagnosticere eventuelle sygdomme ud fra grafen. En patient kunne eventuelt have atrieflimren, som er den sygdom, dette projekt omhandler.

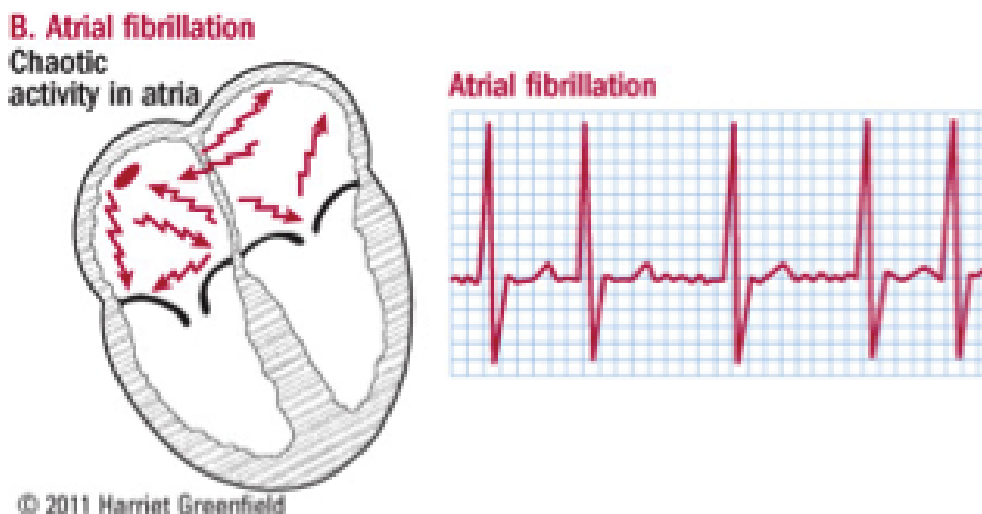
⁴http://en.wikipedia.org/wiki/QRS_complex#/media/File:SinusRhythmLabels.svg

3.3 Atrieflimren

Atrieflimren forekommer, når atrierne ikke kontraherer sig ordentligt. Den hyppigste udløsning af atrieflimren forefalder pga. en serie af hurtige impulser (ekstrasystoler), hvilket er illustreret på første del af figur 3.5. Ekstrasystolerne kommer fra den atriemuskulatur, som sidder nær lungevenerne i venstre atrium. Dermed bliver atriernes normale kontraktionsmønster ødelagt, og de begynder at "flimre". Under atrieflimren fungerer sinusknuden stadig som normalt, men har ingen kontakt til atrium.

Pga. arytmien mister man den regelmæssige arietømning og får nedsat funktion af hjertets pumpningen. Blodet vil ophobe sig i atriet og danne lokale tromber. De kan løsne sig og flyde med blodstrømmen ud i kroppen, hvor de kan sætte sig fast (embolisere). Ubehandlet emboliserende atrieflimren er årsagen til 1/3 af alle cerebral apopleksiske tilfælde. Derfor er det vigtigt at være opmærksom på tilstedeværelse af atrieflimren hos netop disse patienter. Hvis arytmien står på i længere tid, og ventrikelfrekvensen er hurtig, kan det udløse hjertheinsufficiens med tiltagende dilatation og dårlig kontraktion af ventriklerne.

Atrieflimren opstår som anfald (paroksysisk), der spontant konverterer til normal sinusrytme efter få timer til dage. Med årene bliver arytmien mere vedvarende (persisterende) for til sidst at blive kronisk. De symptomer, som kan forbindes med atrieflimren er en øget træthed, åndenød og en forhøjet samt uregelmæssig puls, der kan være utydelig og hurtig. Desuden vil blodtrykket falde, og der kan være tegn på hjertheinsufficiens, både i højre og venstre side af hjertet.



Figur 3.5: Aktivitet i atrie ved atrieflimren⁵

Man får stillet diagnosen via elektrokardiografi. EKG-grafen er domineret af mange irregulære og smalle QRS-komplekser uden ordentlige P-takker, som set på figur 3.5 ovenover. Med andre ord siger man, at der forekommer 220-300 små udsving/minut. Der kan også være forhøjede amplituder i frekvensspektret 300-400 Hz. Hvis disse forhold forekommer, kan patienten muligvis have atrieflimren.

Den hyppigste form for behandling er ved betablokkere, flekainid, dronaderon og

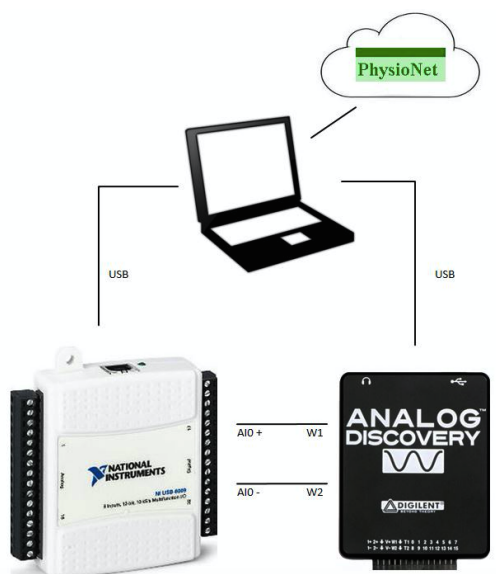
⁵<http://www.health.harvard.edu/heart-health/atrial-fibrillation-common-serious-treatable>

amiodaron. Man indfører katere i venstre atrium, der ødelægger atriemuskulaturen, der udøser flimren.

Systembeskrivelse 4

Overordnet set, består systemet af en hardware- og en software-del.

Hardwaren er blevet udleveret og består af en DAQ og Analog-discovery. DAQ'en og Analog-discovery har begge forbindelse til computeren, som har forbindelse til hinanden. Se figur 4.1.



Figur 4.1: Opstilling af Hardwaren

I projektet analyseres virtuelle patienters EKG-signaler. Disse EKG-signaler kommer fra PhysioNet, som er ekstern database, der kan tilgås via internettet¹. EKG-signalet, der ønskes analyseret, hentes ned som en CSV-fil. Filens information bliver omdannet til et analogt signal, som simuleres af Analog-discovery. Det analoge signal bliver konverteret til et digitalt signal af DAQ'en. Det er dette digitale signal, som systemet kan afbilde og analysere.

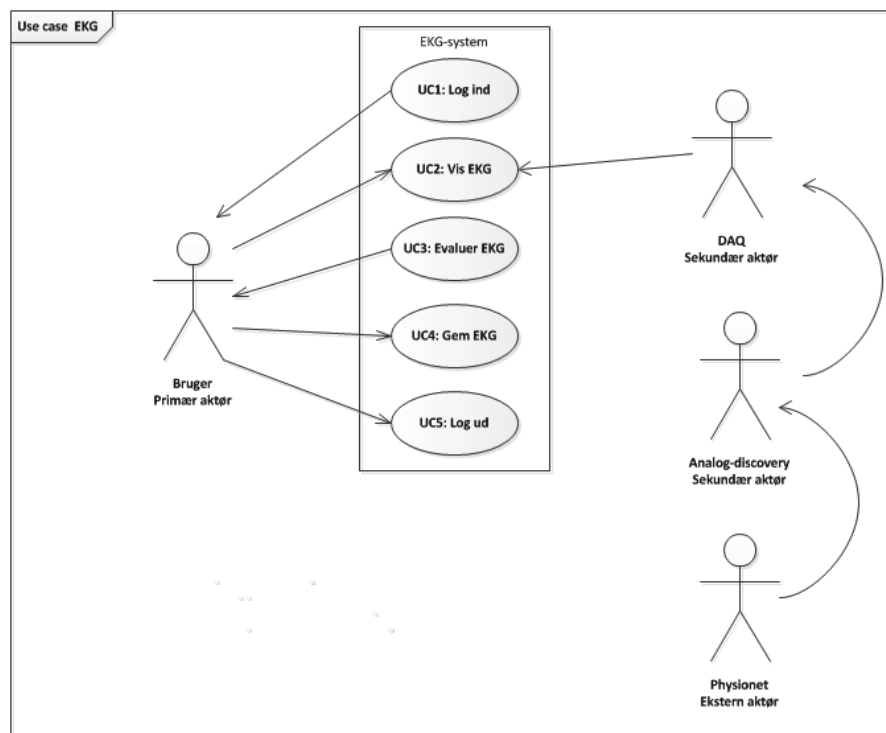
Softwaren for systemet er kernen i dette projekt. Der er blevet udleveret et program, der anses som en blackbox. Dette program skabes der reference til således, at systemet kan fungere optimalt. Softwaren kan illustrere og analysere EKG-signaler med henblik på atrieflimren. Systemet kan desuden lagre information om signalerne i en privat- og offentlig database.

Projektets endelige produkt er en prototype af et software system, som kan benyttes i et EKG-apparat.

¹www.physionet.org

Krav 5

I starten af projektet var der opstillet nogle krav til produktet. Systemet skulle være i stand til at indsamle EKG-data, detektere en selvvalgt hjertesygdom og lagre abnormale EKG-signalers data i en database. Disse krav ligger til grund for de tre væsentligste Use Cases, som det ses på figur 5.1



Figur 5.1: Use case-diagram

Som vist på figuren, er der i alt 5 Use Cases som beskriver, systemets funktionelle krav. De vigtigste Use Cases er UC2, UC3 og UC4, da de udgør de i forvejen opstillede krav til projektet. Inden programmet kan startes er der dog tilføjet visse krav til anvendelse. Hver bruger skal have et personligt login, så de på den måde "underskriver" målingerne, der foretages. Det gør det nemmere at rette henvendelse i tilfælde af spørgsmål til enkelte målinger. Desuden skal patientens CPR-nummer indtastes, således at EKG-signalets data gemmes i forhold til den pågældende patient.

Når EKG-signalet evalueres er programmet indstillet til at detektere sygdommen atrieflimren. Hvis denne arytmie fremgår på EKG-grafen, meldes dette til brugeren af systemet. Dermed ved brugeren, at der skal holdes øje med denne sygdom.

Når EKG-målinger gemmes vil de blive gemt i en privat- og offentlig database. Målinger-

ne gemmes i forbindelse med et patientId, som er koblet sammen med patientens CPR-nummer. Dermed gøres det nemmere for sundhedsfaglig personale at finde den enkelte patients målinger.

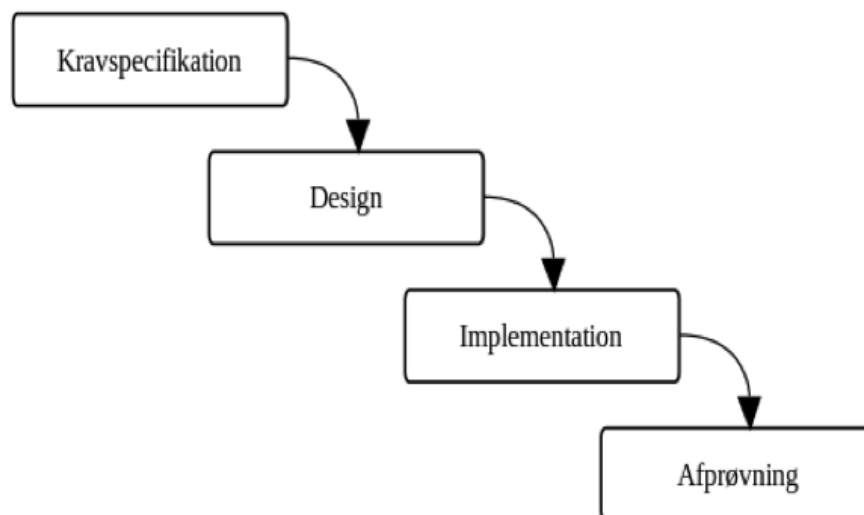
De ikke-funktionelle krav er beskrevet ud fra (F)URPS+ og MoSCOW metoden. Her beskrives, hvilke krav der stilles til systemets interface og pålidelighed.

For yderligere beskrivelse af både funktionelle og ikke-funktionelle krav se dokumentation 2.2 og 2.3

Projektbeskrivelse 6

6.1 Projektgennemførelse

Projektet startede med, at der blev lavet en tidsplan, som var mulig at ændre undervejs, dog med faste deadlines, som skulle overholdes. De forskellige deadlines lagde op til, at der kunne arbejdes efter vandfaldsmodellen, hvilket dette projekt følger, se figur 6.1. Vandfaldsmodellen går ud på, at der først stilles nogle krav til produktet. Derefter designes produktet på papiret, hvor udseende og kunnen beskrives. Efterfølgende implementeres produktet ud fra krav og design. Til slut udføres accepttest, hvor der testes i forhold til de funktionelle og ikke-funktionelle krav, der er stillet til produktet.



Figur 6.1: Vandfaldsmodel

Projektgruppen har været på 8 medlemmer, som er blevet delt ind i 2 grupper. Den ene gruppe arbejdede med softwareudviklingen, mens den anden gruppe arbejdede med dokumentation og udarbejdelsen af design. Da gruppen har været opdelt, har der været projektmøde hver uge, hvor gruppen har opdateret hinanden og rettet tidsplanen til, hvis det var nødvendigt.

6.2 Metode

Dette afsnit har til formål at beskrive hvilke metoder, der er benyttet i udarbejdelsen af projektet. Primært er der tale om metoder fra faget ISE samt Sundhedsvidenskab. Desuden bliver der i dette afsnit også beskrevet hvilke arbejdsredskaber, der er benyttet til udførelse af projektet, rapporten og dokumentationen.

Til beskrivelse samt opbygning af EKG-systemet er der fra ISE benyttet metoden SysML. SysML er en metode, der vha. digrammer analyserer, specificerer, designer og verificerer et givet system. Altså er metoden benyttet til at beskrive systemets opbygning og kommunikationen.

Yderligere er der en applikationsmodel, hvor et samlet overblik over systemet er beskrevet. Denne model består af en domænemodel, hvor alle aktiviteterne i systemet er beskrevet samt tilhørende klassediagrammer med metoder fra SD. SD beskriver systemets virkning og hvordan de enkelte dele interagerer, hvilket er specifikt for hver enkelt use case.

Softwareen er beskrevet gennem metoden UML, helt specifikt ved et UML klassediagram. Klassediagrammet viser, hvilke klasser og metoder al softwaren (med undtagelse af black-box) består af samt, hvordan systemet er bygget op efter trelagsmodellen.

Baggrundsafsnittet, afsnit 3, er udarbejdet ved tekstanalyse og kildekritik, ud fra sundhedsvidenskabelige bøger.

Af benyttede arbejdsredskaber er der først og fremmest brugt en fælles arbejdsplatform, GitHub. GitHub er en online platform, hvor der er mulighed for at foretage ændringer samtidigt, og gemme i en fælles mappe. Yderligere er der mulighed for en detaljeret versionshistorik.

Alle SysML- og UML-diagrammer er udarbejdet i programmet Visio. Koden er skrevet i sproget c#, i programmet Visual Studio. Visual Studio spiller også sammen med programmet WaveForms generator, i forbindelse med simulering af EKG-signalet. Selve rapporten, mødereferater, logbog og dokumentationen er udformet i tekstprogrammet LaTeX. Yderligere er Facebook brugt til mødeindkaldelse og generel kommunikation.

6.3 Specifikation og analyse

Forklar hele afsnittet!! I udarbejdelsen af analysen var der mange komplikationer. Dette skyldes primært, at atrieflimren ikke nødvendigvis påvirker et EKG-signal på samme måde hver gang.

Først var der tiltænkt en analyse, som skulle tage udgangspunkt i definition for atrieflimren, hvor der forekommer 220-300 små udsving/minut på baselinen. Måden hvorpå dette skulle foregå, var ved at tage et gennemsnit **WHAT, hvad betyder det helt præcis** af baseline, og derefter detekttere hvor mange gange der skete en svingning over baseline. Her skulle der så tjekkes, om svingningerne overtrådte en tærskel. Denne tærskel skulle vurderes ud fra den patofysiologiske baggrund for sygdommen. Efter visualisering af reelle målinger, blev denne metode dog afskrevet, da baseline ikke bliver repræsenteret ved en regulær linje i reelle signaler.

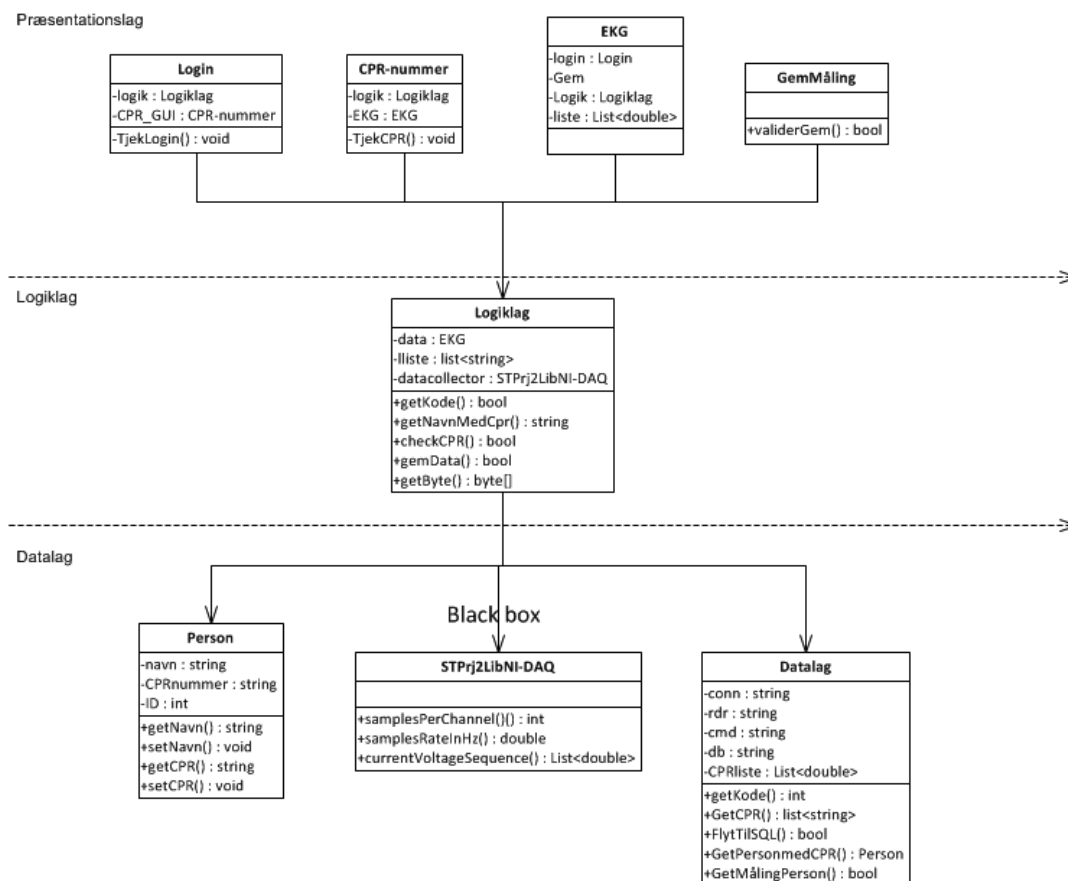
Derefter blev der udtænkt en metode med en dynamisk baseline. Denne metode viste sig meget tideligt i udviklingsprocessen, til ikke at være kompatibel. Den største komplikation ved denne metode var at finde en algoritme, der kunne udelukke de kendte takker, som karakteriserer et EKG-signal. Hvis denne algoritme ikke blev fundet, ville den dynamiske baseline altid ligge et stykke over den reelle baseline, grundet de høje R-takker.

De to første metoder blev aldrig færdiggjort, da problemerne opstod efter pseudokoden begyndte at blive udarbejdet. Herefter gik gruppen til vejleder for at finde en alternativ løsning til analysen. Vejleder fik herefter input fra en anden professionel, og kunne derefter hjælpe med at udarbejde en analyse, som virkede.

Vejleder kunne oplyse, at atrieflimren har specifikke kendetegn, hvis der bliver analyseret på EKG-signalets amplituder inden for specifikke frekvenser, og det er ud fra denne information, at den endelige analyse blev udarbejdet.

6.4 Arkitektur

Softwareen er bygget op i henhold til trelagsmodellen, hvor GUI'erne fungerer som programmets brugerinterface, med et login-vindue, et CPR-vindue og et EKG-vindue. Her fungerer EKG-vinduet, som det primære vindue, hvor EKG-signaler kan vises, analyseres og gemmes. Præsentationslaget er yderligere beskrevet i dokumentationen 3.3.1, men kan også visualiseres ud fra figur 6.2 nedenfor.

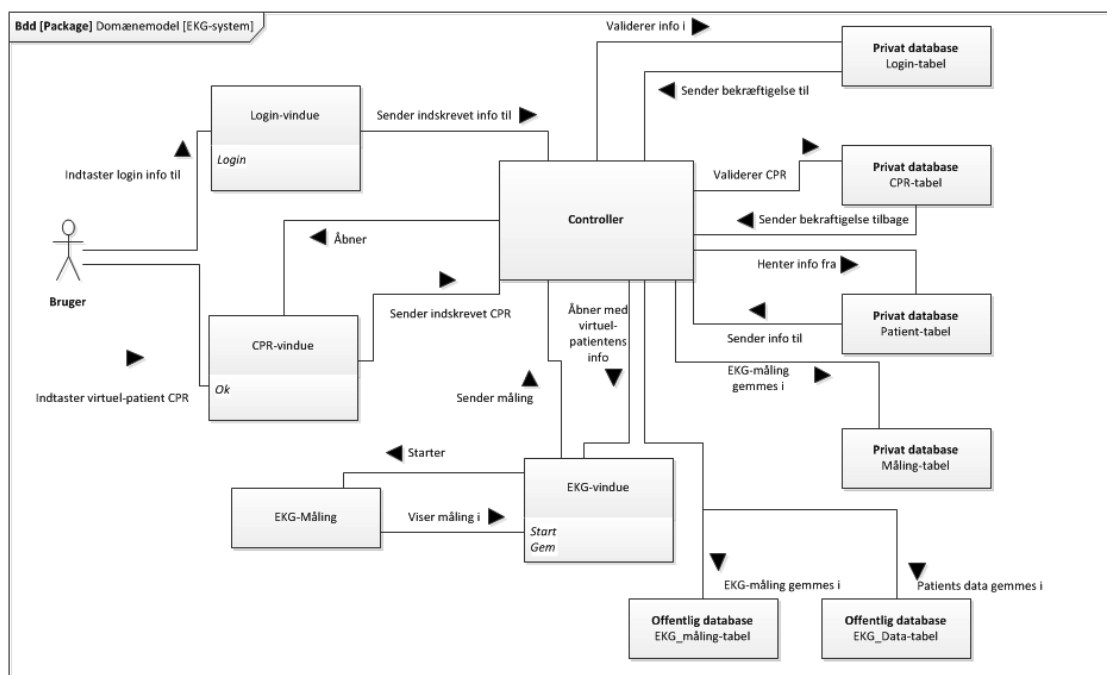


Figur 6.2: UML-klassediagram

Logiklaget kan ses som kernen i softwaren. Det er her alt data bliver behandlet fra datalaget samt videresender data fra målingerne til datalaget. Det er blandt andet her analysen af målingen sker, og hvor indtastede oplysninger bliver valideret. Logiklaget fungerer som bindeleddet mellem de data, der kommer fra datalaget og GUI'erne.

Datalaget er til for primært at håndtere forbindelsen til hardwaren og databaserne. I denne klasse bliver der skabt forbindelse til både SQL og DAQ. Datalaget henter data fra den private database, som logiklaget bruger til validering. Denne klasse gemmer også data givet fra logiklaget i både den private- og offentlige database. Klassen "logiklag" og "datalag" er beskrevet yderligere i dokumentationen 3.3.2.

For at beskrive koden yderligere, er der lavet en domænemodel. Domænemodellen repræsenterer hele koden, altså hvordan flowet imellem klasserne går, og hvilken overordnet kommunikation, der foregår. Alle vinduerne repræsenterer GUI'er og alle tabeller er tabellerne i den private- og/eller offentlige database. Domænemodellen kan ses på figur 6.3.



Figur 6.3: Domænemodel

6.4.1 Design

Alle tanker omkring, hvordan koden skulle være bygget op, bunder i trelagsmodellen. Der er derfor sørget for, at der ikke er noget kode, som kommunikerer med et lag, som de ikke har tilladelse til. Der kan læses mere om trelagsmodellen i dokumentationen 3.3.

I dette projekt har der i slutfasen været fokuseret meget på brugervenlighed og feedback til brugeren. Tideligt i projektet var det ikke tydeligt, hvornår der blev foretaget en måling. Dette er blevet tydeliggjort, ved at musen bliver til en cirkel i bevægelse, alt imens der foretages en måling. Der er også lavet et pop-up vindue, som bekræfter, at en måling er blevet gemt.

Der er desuden, lavet en feature, som viser grid-lines på grafen. I gruppen blev der besluttet, at der skulle være to typer af grids. En lille og en stor type. De store grids, repræsenterer hver 0,2 sekunder og de små, svarer til 0,04 sekunder. Disse intervaller er fastlagt, ud fra standarder for professionelle EKG-displays. Dette blev herefter implementeret i koden.

En anden ting, som har været meget dominerende i overvejelserne, er sikkerhed. Da det er personfølsomme oplysninger, som skal detekteres i dette program, er det derfor vigtigt, at det ikke er alle og enhver, som kan få adgang til oplysningerne. Derfor er der et vindue, som beder brugeren om at logge ind, med et gyldigt brugernavn og kodeord. Login-funktionen validere, om denne bruger har rettigheder til at få adgang til systemet.

Yderligere er der lavet et patient identifikationsvindue, hvor der skal indtastes et CPR-nummer. Dette CPR-nummer er koblet op til en patient, hvis oplysningen ligger lagret i den private database. Når CPR-nummeret indtastes og EKG-vinduet fremkommer, har programmet været ned i den private database og hentet patienten navn, der stemmer

overens med CPR-nummeret. Dette gør det muligt, at få udskrevet navnet i EKG-vinduet. Se eventuelt figur 3.5 i dokumentationen.

6.4.2 Implementering

Analysen er det essentielle i implementeringen. Hvis ikke der er en analyse, der fungerer, så er programmet obsolet.

Analysen er bygget op omkring tre for-løkker, som identificerer forhøjede amplituder inden for et specielt frekvensspektrum. Ved hjælp af matematikbiblioteket `alglibnet2`, bliver signalet først konverteret til et komplekst Furier-transformeret array, som indeholder koordinater repræsenterende vektorer for amplituden i signalet. **WHAT, hvad mener du? + figur henvisning**

```
alglib.complex[] array;
alglib.fftr1d(datacollector.currentVoltageSeqArray, out array);
```

Figur 6.4: Kode udsnit af analyse implementering

Herefter bliver amplituderne regnet ud, ved hjælp af standard formelen for vektorudregning. Disse værdier bliver tilføjet til en ny liste. **Henvisning**

```
for (int i = 0; i < array.Length; i++)
{
    double amp = (Math.Sqrt(Math.Pow(array[i].x, 2)+Math.Pow(array[i].y, 2)));
    amplitude.Add(amp);
}
```

Figur 6.5: Kode udsnit af analyse implementering

Efterfølgende bliver arrayet udspecificeret til kun, at indeholde de pladser, som repræsenterer amplituderne for det valgte frekvensspektrum. **Henvisning til figur**

```
for (int i = 600; i < 802; i++)
{
    specifikamplitude.Add(amplitude[i]);
}
```

Figur 6.6: Kode udsnit af analyse implementering

Disse værdier bliver derefter tjekket for, om de indeholder en amplitude, som ligger over tærskelværdien. Hvis dette er tilfældet, returnerer metoden 'true', hvilket repræsenterer, at det er rigtigt, at denne patienten kan have atrieffimren. Hvis der ikke findes en værdi, som er højere end tærsklen, returnerer metoden 'false', hvilket repræsenterer, at patienten ikke har atrieffimren. **henvisning til figur**


```
for (int i = 0; i < specifikamplitude.Count; i++)
{
    double vaerdi;
    vaerdi = specifikamplitude[i];

    if (vaerdi > thresh)
    {
        return true;
    }
}

return false;
}
```

Figur 6.7: Kode udsnit af analyse implementering

Tærskelværdien er blevet fundet ud fra testprogrammet, som der kan læses yderligere om i dokumentationen 3.4.3. Der kan desuden også læses yderligere specifikation omkring implementeringen i dokumentationen 3.4.

6.4.3 Test

I dette projekt er der hverken lavet modul eller integrationstest. I stedet er koden blevet testet efterhånden, som metoder er blevet færdiggjort. Det er også på denne måde, at gruppen har kunnet tjekke, at metoderne ikke melder fejl, eller får systemet til at bryde sammen.

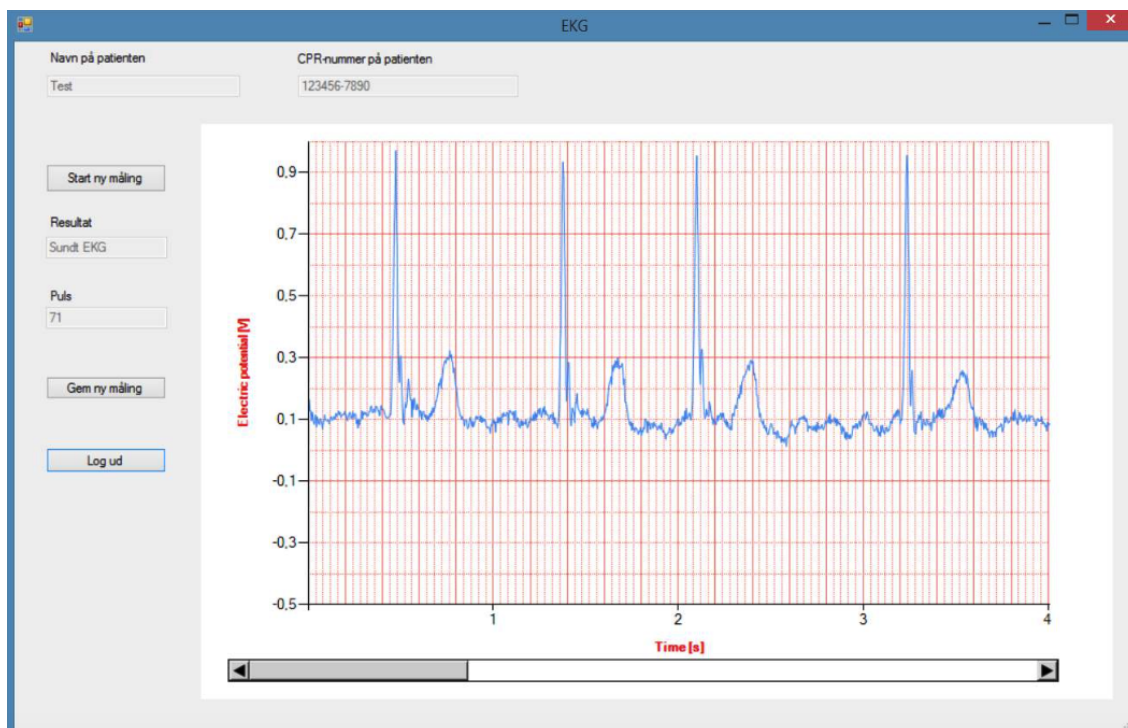
Metoden "KørEKG" kan give et eksempel på hvordan forløbet har været. "KørEKG" er en essentiel del af koden, og det var derfor vigtigt, at den fungerede fra starten af. Her blev den estimerede kode først skrevet, og derefter blev der kørt et EKG for at se, om grafen kom frem. Dette gjorde den ikke i første omgang, og der blev derfor tilføjet en linje kode, som henter den maksimale volt, som kommer igennem Analog Discovery. **og hva så?? Virkede det så?**

6.5 Resultater og diskussion

Kravene til dette projekt er at afbilde, analysere og gemme EKG-signaler fra virtuelle patienter. Alt dette er lykket.

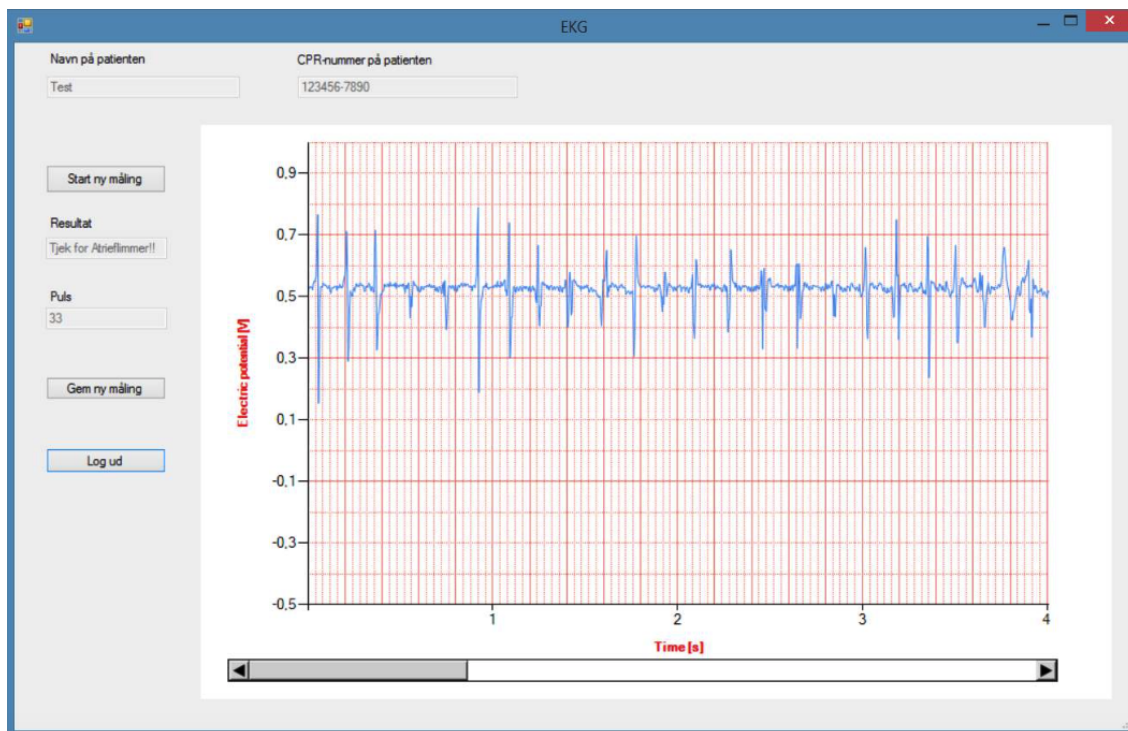
Før det er muligt at starte en måling, skal man igennem et Login-vindue samt et CPR-vindue, hvor man indtaster den virtuelle patients CPR-nummer. Når login og CPR-nummeret til blevet godkendt vises EKG-vinduet, som er vinduet, hvor programmet køres fra.

Ved tryk på "Start ny måling" går der X-antal sekunder og EKG-signalet bliver afbildet som en graf. Se figur 6.8.



Figur 6.8: Visning af EKG-signal samt analyse af sundt EKG-signal

Når EKG-grafen vises i EKG-vinduet har programmet også analyseret EKG-signalet i forhold til atrieflimren. Hvis EKG-signalet er normalt skriver programmet "Sundt EKG" under Resultat, se figur 6.8. Hvis EKG-signalet afviger fra standardværdierne (se under 3.2) skriver programmet "Tjek for Atrieflimmer!!", se figur 6.9.



Figur 6.9: Analyse af sygt EKG-signal

Efter visningen samt analysen af EKG-signalet skal målingens data gemmes i en privat- og offentlig database. Dette sker ved tryk på "Gem ny måling", hvorefter et pop-up vindue fremkommer og bekræfter handlingen. Efterfølgende kan man i den private database under "Måling"-tabellen, se de gemte målinger, se figur 6.10.

	Målinger	MålingerId	PatientId	Dato
	<Binary data>	1	2	30-04-2015 11:39:45
	<Binary data>	2	2	30-04-2015 11:42:50

Figur 6.10: Lagring af data i privat database

I den offentlige database er der to tabeller. Den ene hedder EKG_Data, hvor den virtuelle patients og brugerens data gemmes, se figur 6.11. Den anden hedder EKG_måling, hvor informationer omkring selve målingen gemmes, se figur 6.12.

	ekgdataid	raa_data	samplerate...	interval_sec	interval_min	data_format	bin_eller_te...	maaleform...	start_tid	kommentar	ekgmaaleid	maalehe...
▶	4	<Binary dat...	250	10	NULL	CSV	b	double	13-05-2015 ...	NULL	NULL	NULL
	5	<Binary dat...	250	10	NULL	CSV	b	double	13-05-2015 ...	NULL	NULL	NULL
*	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL

Figur 6.11: Lagring af den virtuelle patients- og brugerens data i den offentlig database

	ekgmaaleid	dato	antamaali...	sfp_maaila...	sfp_maitag...	sfp_maaila...	sfp_mt_org	sfp_mt_ko...	sfp_ansfor...	sfp_ansveft...	sfp_ansvrm...	sfp_ans_org	sfp_ansko...	borger_for...
	1	13-05-2015 ...	0	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	Leder	IHA	NULL	NULL
	2	13-05-2015 ...	1	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	Leder	IHA	NULL	NULL
**	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL

Figur 6.12: Lagring af målingens data i offentlig database

Med hensyn til visningen af målingen, kunne der godt have været et mere præcis gitter, således at brugeren nemmere kunne aflæse ud fra grafen om patienten har atrieflimren. Det kan godt lade sig gøre at aflæse på nuværende tidspunkt, men det er mindre præcis, da ternene ikke er kvadratiske.

Det har ikke været muligt at gøre analysen så præcis, at den kunne detektere atrieflimren helt præcist, men derimod gør den brugeren opmærksom på, at der er en anormalitet i forhold til et normalt EKG-signal. Analysen kunne ikke gøres præcis, da der findes mange forskellige typer af EKG-signaler, der repræsenterer atrieflimren, som følge af, at mennesker er forskellige.

Da det kom sent ud, at der skulle kunne gemmes i en offentlig database, er flere af værdierne blev fravalgt pga. tidspres. Dog kunne der have været indskrevet nogle flere værdier, således at f.eks. patientens CPR-nummer og navn kunne lægges ind og gemmes i tabellen EKG_Data.

I kapitel 4 i dokumentationen kan resultatet af accepttesten læses.

6.6 Opnået erfaringer

VI SKAL HAVE NOGET OM HVAD GRUPPEN TILSAMMEN HAR OPNÅET - BARE KORT.

Lise Skytte Brodersen**Mads Fryland Jørgensen****Albert Jakob Fredshavn****Malene Cecilie Mikkelsen**

Da vi startede projektet, delte vi gruppen op i to grupper, hvilket vi følte var en nødvendighed for at kunne nå det hele. Desværre havde det den følgevirkning, at kommunikationen mellem de to grupper blev lidt halvhjertet, således at der af flere omgange blev brug for at lave ændringer, og der var nogle enkelte diskussioner mellem grupperne. I gruppen var det aftalt ikke at have en leder, men jeg synes ikke, at det fungerer ordentlig, da der mangler en, som har noget overblik. Heldigvis tog Lise styringen i løbet af projektet, dog havde det været en fordel, hvis dette havde været klart fra starten. Selve emnet har været meget relevant, og det har givet en del erfaring til arbejdsmarkedet. Særligt den ekstra del med den ekstra database, som kom ud, da vi efterhånden troede, at vi var færdig, pressede gruppen en del, men gav en erfaring med, at det er sådan noget, som man kan komme ud for senere på arbejdsmarkedet. Projektet er blevet fuldført, men jeg synes, at vi kun lige har fuldført den. Vi havde mange gode ideer, da vi startede, men det mundede ud i, at vi kun fik lavede det mest nødvendige. Til næste projekt kunne jeg godt tænke mig, da der blev arbejdet lidt mere fokuseret, og at der blev stillet lidt højere krav indenfor gruppen.

Mohammed Hussein Mohamed**Sara-Sofie Staub Kirkeby**

I dette projekt, har jeg primært arbejdet med det programmeringsmæssige aspekt. Personligt, syntes jeg det har været en anelse frustrerende, da der i den sammenhæng, er dukket nogen ting op, som ikke har været en del af vores undervisning, i dette semester. Det har krævet meget tænkning ud af boksen. Dette har selvfølgelig også gjort, at vi har været tvunget til, at lære os selv, yderligere ting.

Jeg har siddet med det overordnede ansvar for analysen, og det viste sig at være mere problematisk, end først regnet. Analysen blev ændret tre gange undervejs, og hver eneste gang, har der været behov for, at skrive analysen fuldstændig om. Her har vejleder dog været rigtigt god til, at træde til, og give et andet syn på, hvordan analysen kunne laves, og det hjalp meget.

Et andet problem har været, at vi valgte at dele gruppen op i to; en der lavede det meste tekstarbejde, og en anden del, som stod for programmeringen. Kommunikationen imellem de to undergrupper, har til tider ikke været særligt godt, og det har betydet at vi er blevet nødt til at ændre nogen ting undervejs.

Jeg mener generelt at jeg har lagt et godt stykke arbejde i gruppen, og jeg har forsøgt at gøre så meget jeg overhovedet kunne. Jeg har lært meget om EKG-signaler og deres karakteristikker, samt omkring, hvordan sådan et program skal programmeres. Jeg kunne dog eventuelt godt have forsøgt at tage mere initiativ, og have taget lidt mere kontakt med

skriveholdet.

Projektet er efter min mening gået rigtigt godt, og jeg mener at det er et stykke arbejde vi godt kan være stolte af.

Martin Banasik

I dette 2. semesterprojekt som omhandler måling af EKG, har jeg været med til at programmere vores program fra start til slut. Dette har omfattet vores første overvejelser hvordan vores program skulle se ud og hvilke funktioner det skulle have, til et færdig program som jeg er godt tilfreds med. I forprojektet fandt jeg det svært at komme i gang med og forstå hvad det skulle kunne, men efterhånden jeg man satte sig mere ind i koden, hjalp det på forståelsen og kunne gøre brug af og overføre de ting jeg havde lært i programmering til vores eget projekt og program. Det har øget min interesse for programmering og finder det spændende at lave et program fra bunden, ud fra fordefineret krav og funktion.

Jeg synes at samarbejdet har været fint og har fungeret i programmerings gruppen. Selvom at vi i starten var i tvivl om hvordan vi skulle gribe det hele an og samtidigt med at vi alle havde vores egne ideer til hvordan det skulle være, synes jeg at vi er kommet frem til et resultat, hvor alle har haft deres indflydelse. Der var ideer som vi gerne ville have med i programmet, men efter evne og deadlines blev droppet, hvilket man kunne til en anden gang have mere fokus på, så disse blev en realitet.

Cecilie Ammitzbøll Aarøe

Igennem dette projekt arbejdede jeg i den gruppe som bla. udarbejdede projektdokumentationen. Det gjorde at jeg fik mulighed for at arbejde med nogle af de værktøjer, som vi har lært i ISE. En ulempe har dog været, at jeg dermed ikke var med til at programmere programmet. Den del af gruppen, som programmerede, var dog meget gode til at udkommantere programmering, så vi andre nemt kunne sætte os ind i den. Desuden afholdte vi enkelte møde, hvor programmeringen blev gennemgået i de mindste detaljer. Men det er stadigvæk ikke det samme som at sidde med det selv.

Jeg synes gruppen har arbejdet godt sammen, og vi havde fra starten afstemt vores forventninger til projektet. At disse forventninger så var lidt højere end det var muligt at efterkomme, er noget der altid vil ske i starten af et projekt. Men jeg vil hellere have store forventninger til et projekt og så afstemme dem med hvad der er realistisk, frem for at sætte baren lavt fra starten.

Vi havde også lidt kommunikations vanskeligheder i starten af projektet. Dokumentationsgruppen skulle designe systemet udfra funktionelle og ikke-funktionelle krav. Vi rådførte os med programmeringsgruppen, men der opstod en misforståelse mellem grupperne, som gjorde at vi ikke helt havde forstået hvad systemet helt præcist gjorde.

Men alt i alt synes jeg, det har været en god oplevelse at lave dette projekt. Gruppen har fungeret rigtig godt. Der har været en god stemning, og vi har været gode til at hjælpe hinanden, når der var brug for det.

6.7 Fremtidigt arbejde

Som følge af at projektet er tiltænkt som en prototype, er der løbende gennem projektudførelsen opstået en masse muligheder og idéer for videreudvikling af systemet.

Den første helt basale idé, som også er forsøgt udført sideløbende i projektet, er etablering af en "opret ny patient"-funktion. Funktionen skal muliggøre, at brugeren kan oprette en ny patient i systemet, i forbindelse med indtastning af patientens CPR-nummer. Funktionen skal fungere således, at hvis ikke det indtastede CPR-nummer i forvejen er kendt i systemet, skal skridtet efter CPR-vinduet være et nyt "Opret Patient"-vindue. Her skal brugeren kunne indtaste relevante oplysninger omkring patienten, og til slut oprette patienten i både den private- og offentlige database.

Et ideelt område til videreudvikling er brugervenlighed, både på software plan og i særhed på hardware plan.

Software kan udvikles i en retning, hvor det bliver lettere og mere overskueligt for brugeren, at analysere og evaluere EKG-signalet. En forbedring ville være, at der skal være mulighed for at trække en eller flere x- og y-cursors ned over EKG-signalet, og dermed få vist amplitude, tid og relevante intervaller. Herefter kunne en mulighed være, at de observerede værdier kunne gemmes som tilhørende tekst til det specifikke EKG-signal.

Sideløbende, imens EKG-målingen foretages, vil det være muligt, at have direkte adgang til den pågældende patients sygejournal. Adgangen til sygejournalen skal kunne læses i en et andet vindue, som er synligt samtidig med EKG-vinduet arbejder, hvorefter det er muligt at skifte mellem disse vinduer, og tilføje ændringer, notater etc. i journalen. Med andre ord skal systemet understøtte EPJ.

Den endelige udgave af softwaren skal implementeres på et mere brugervenligt interface, eksempelvis en tablet eller lignende. Samtidig kan systemet være tilknyttet en håndholdt EKG-måler, i form af en holter, hvorefter softwaren aflæser data, og udskriver på tabletten. Desuden skal det være muligt for brugeren at vælge indstillinger alt efter, hvad der ønskes analyseres for. Prototypen er kun tilpasset analyse for atrieflimren, men med det endelige produkt skal være muligt at kunne vælge undersøgelse for eksempelvis andre hjertesygdomme. De forskellige undersøgelser skal derudover også kunne mixes på kryds og tværs, hvis patienten har blandede symptomer, således at der søges for flere sygdomme. Dette vil medføre, at brugeren kan tage udstyr med sig på hjemmebesøg, såvel som at patienten selv kan foretage en måling.

Konklusion 7

I dette projekt, er der blevet udviklet en software prototype, som kan afbilde, analysere og gemme EKG-signaler.

Gruppen startede ud med høje ambitioner, omkring prototypen, men opdagede hurtigt, at tankerne omkring, hvordan prototypen ideelt set skulle være, og hvad der reelt kunne udvikles ikke stemte overens.

På trods af de høje forventninger har gruppen formået at opfylde alle overordnede krav, som blev sat i starten af projektet. Dette kan ses på den gennemførte accepttest, som kun havde en enkelt designrelateret afvigelse. Kravene om at afbilde og analysere et EKG-signal er blevet opfyldt, og det er også lykkedes gruppen at implementere en funktion, som kan gemme i en privat database. Gruppen har oplevet at, det har været en udfordring at udvikle en analyse, som kunne dække over varierende signaler. Det blev klart, at et EKG-signal diagnosticeret med atrieflimren kan variere i udseende, og det blev, derfor svært for gruppen at udvikle en passende algoritme. Der blev derfor udarbejdet en algoritme, ud fra et specifikt signal, dog passer denne algoritme også på et sundt EKG-signal, således at det erklæres sundt. Kravet fra Sundhedsstyrelsen, om en offentlig database, blev præsenteret sent i arbejdsprocessen, men det lykkedes gruppen at implementere det, uden store vanskeligheder. Udviklingsprocessen har været præget, af at gruppen har tænkt meget over, hvordan dette system ville kunne fungere ude i virkeligheden. Dette kan ses på nogle af de krav, som gruppen selv har sat til projektet. Projekt er overordnet set, gået godt, og gruppen er tilfreds, med slutproduktet.

Litteratur

Olav Sand m.fl. & Jan G. Bjålie - *"Menneskets anatomi og fysiologi"*
Gads Forlag, 18. August 2008

Sanford Friedenthal, Alan Moore og Rick Steiner - *"A Practical Guide to SysML"*
Morgan Kaufmann OMG Press, 17. Oktober 2011

Craig Larman - *"Applying UML and Patterns"*
Prentice Hall, 30. Oktober 2004

John G. Webster - *"Medical Instrumentation - application and design"*
John Wiley & Sons, 3. Februar 2009

Poul Staal Vinje - *"Projektledelse af systemudvikling"*
Nyt Teknisk Forlag, 23. April 2004

http://www.si-folkesundhed.dk/upload/hjertekarsygdomme_i_2011-2_rapport.pdf

<https://www.sundhed.dk/borger/sygdomme-a-aa/hjerte-og-blodkar/sygdomme/hjertearytmier/atrieflimren-og-flagren/>

www.physionet.org

http://www.hjertelunge.dk/hjertesygdomme/hjerte_og_kredsloeb/hjertet/

http://en.wikipedia.org/wiki/QRS_complex#/media/File:SinusRhythmLabels.svg

<http://www.health.harvard.edu/heart-health/atrial-fibrillation-common-serious-treatable>

