



AARHUS SCHOOL OF ENGINEERING

SUNDHEDSTEKNOLOGI  
2. SEMESTERPROJEKT

---

# Rapport

---

*Gruppe 1*

Lise Skytte Brodersen (201407432)  
Mads Fryland Jørgensen (201403827)  
Albert Jakob Fredshavn (studienr.)  
Malene Cecilie Mikkelsen (studienr.)  
Mohamed Hussein Mohamed (studienr.)  
Sara-Sofie Staub Kirkeby (studienr.)  
Martin Banasik (studienr.)  
Cecilie Ammizbøll Aarøe (studienr.)

*Vejleder*

Studentervejleder  
Lars Mortensen  
Aarhus Universitet

21. maj 2015



# Resumé

---

*Gruppemedlemmer*

Lise Skytte Brodersen (201407432)	Dato
Mads Fryland Jørgersen (201403827)	Dato
Albert Jakob Fredshavn (studienr.)	Dato
Malene Cecilie Mikkelsen (studienr.)	Dato
Mohamed Hussein Mohamed (studienr.)	Dato
Sara-sofie Staub Kirkeby (Studienr.)	Dato
Martin Banasik (Studienr.)	Dato
Cecilie Ammitzbøll Aarøe (Studienr.)	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** 23

**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





# Indholdsfortegnelse

---

Resumé	i
Godkendelsesformular	iii
Ordliste	v
Kapitel 1 Indledning	3
Kapitel 2 Projektformulering	5
Kapitel 3 Baggrund	7
3.1 Hjertet . . . . .	7
3.2 Elektrokardiogram . . . . .	9
3.3 Atrieflimren . . . . .	10
Kapitel 4 Systembeskrivelse	13
Kapitel 5 Krav	15
Kapitel 6 Projektbeskrivelse	17
6.1 Projektgennemførelse . . . . .	17
6.2 Metode . . . . .	17
6.3 Specifikation og analyse . . . . .	17
6.4 Arkitektur . . . . .	17
6.4.1 Design . . . . .	17
6.4.2 Implementering . . . . .	17
6.5 Resultater og diskussion . . . . .	17
6.6 Opnået erfaringer . . . . .	17
6.7 Fremtidigt arbejde . . . . .	17
Kapitel 7 Konklusion	19
Kapitel 8 Referencer	21
Bilag	23



**Versionshistorik**

Version	Dato	Ansvarlig	Beskrivelse
Tekst	Tekst	Tekst	Tekst.



# Indledning

# 1

I dagens Danmark er incidensen af hjertesygdomme på ca. 45.000 nye tilfælde årligt<sup>1</sup>. Mange typer af hjertesygdomme diagnosticeres via et EKG-apparat, der måler patientens hjerterimpulser. Disse impulser bliver afbilledet som en graf, som indeholder P-, Q-, 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 hardwaren 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 5-10%<sup>2</sup> for ældre 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, er der i Visual Studio blevet udarbejdet en analyse, der kan detektere atrieflimren. Denne analyse er en del af et større program, der kan visualisere og gemme et givet EKG-signal.

---

<sup>1</sup>[http://www.si-folkesundhed.dk/upload/hjertekarsygdomme\\_i\\_2011-2\\_rapport.pdf](http://www.si-folkesundhed.dk/upload/hjertekarsygdomme_i_2011-2_rapport.pdf)

<sup>2</sup><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 afbillede, detektere atrieflimmer samt gemme et EKG-signal i database. Projekt tager udgangspunkt i virtuelle patienters EKG-signaler. Disse EKG-signaler hentes fra Physionet<sup>1</sup>, som er en ekstern database, der indeholder mange forskellige EKG-signaler fra forskellige patienter. EKG-signalerne behandles af udleveret hardware, som består af Analog-discovery og en DAQ. Det hentet signal ændres fra en CSV-fil til et digitalt signal.

Det er dette digitale signal softwaren skal kunne afbillede 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 trelagsmodellen<sup>2</sup>.

Så helt specifikt skal dette projekts produkt være et software system, der kan afbillede EKG-grafen, gemme EKG-signalet i privat- og offentlig database, samt detektere forekomsten af atrieflimmer for den virtuelle patients EKG-signal.

---

<sup>1</sup>[www.physionet.org](http://www.physionet.org)

<sup>2</sup>Se dokumentation (nummer på henvisning)





## 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 <sup>1</sup>

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 atrier og ventrikel kaldes tricuspidalklap, mens klappen mellem venstre atrier og ventrikel kaldes mitralklap. Aortaklappen er placeret ved afgangens af hovedpulsåren og pulmonalklappen ved afgangens af lungepulsåren. Klapperne fungerer således, at blodet kun kan løbe én vej gennem dem. Åbningen samt lukningen af disse er en passiv proces, som bestemmes af forskelle

<sup>1</sup>[http://www.hjertelunge.dk/hjertesygdomme/hjerte\\_og\\_kredsloeb/hjertet/](http://www.hjertelunge.dk/hjertesygdomme/hjerte_og_kredsloeb/hjertet/)

i væsketrykket på de to sider af klapperne.



Figur 3.2: De forskellige faser i hjertets cyklus <sup>2</sup>

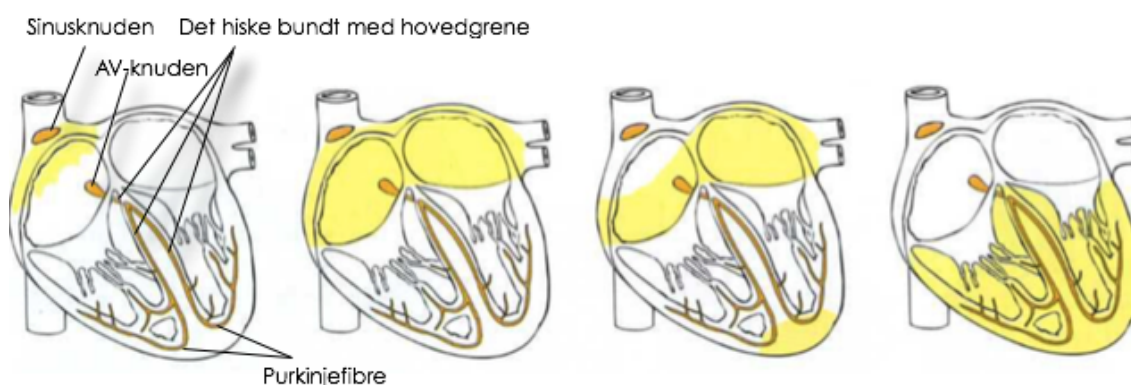
Hjertets cyklus, som er illustreret ved figur 3.2, inddeles i to hovedfaser. Den første kaldes diastolen. I diastolen er ventriklene afslappede og fyldes med blod. Det vil sige, at trykket i ventriklene bliver lavere end trykket i atrie, således at AV-klapperne åbnes, og blodet begynder at strømme ind 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 celleforbindelser. Eller gennem åbne celleforbindelser 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

<sup>2</sup>Billede 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. Purkinjefibrene, 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 <sup>3</sup>

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

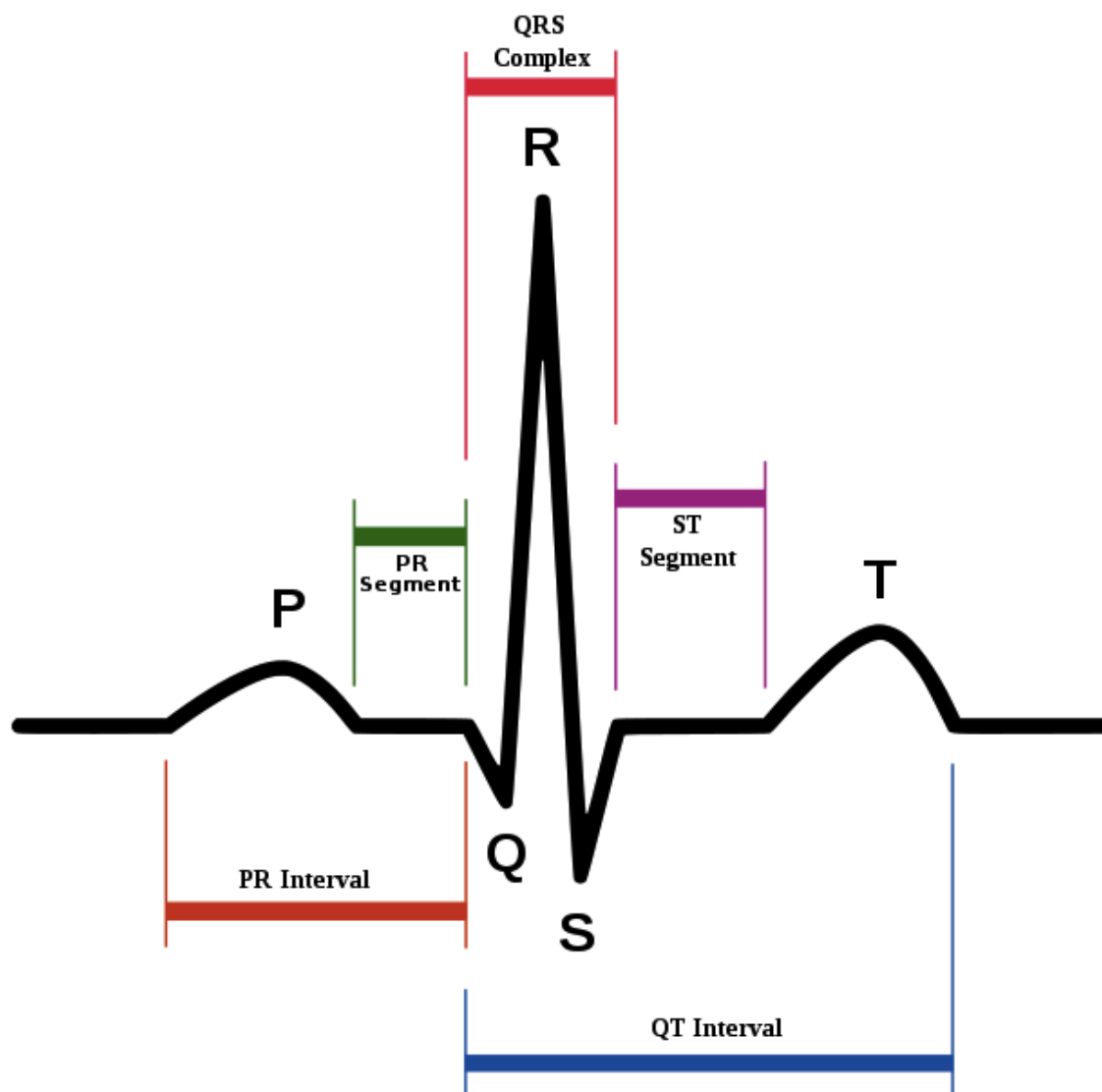
Et elektrokardiogram, EKG, afspejler hjertets elektriske aktivitet. Teknikken kaldes elektrokardiografi og udføres via elektroder, der er placeret forskellige steder på kroppen, primært omkring hjertet. Elektroderne måler den elektriske aktivitet via en overflade strøm, der går ud fra thorax. Det er 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.

P-takken viser atriets depolarisering, og dertil er der **P-takken til QRS-komplekset, der er aktionspotentialet fra atrier til ventrikler**. QRS-komplekset udgør tilsammen ventrikel depolarisering. QRS-komplekset er større end P-takken, da muskelmassen i ventriklerne er større end atriernes muskelmasse, hvilket påvirker en højere elektrisk

<sup>3</sup>"Menneskets anatomi og fysiologi"s. 275 figur 9.9

aktivitet. T-takken beskriver ventriklernes repolarisering. Denne er også mindre end QRS-komplekset, da repolariseringen forløber langsommere end depolariseringen.

Elektrokardiografi giver et billede på, hvordan ens hjerte fungerer. Nedenfor ses et EKG-signal for et raskt hjerte. Hvis ens hjerte ikke fungerer optimalt, vil ens EKG-signal se anderledes ud og en sundhedsfaglig person vil kunne diagnosticere patienten ud fra grafen. En patient kunne have atrieflimmer, som er den sygdom, dette projekt handler om.



Figur 3.4: Normalt EKG-signal <sup>4</sup>

### 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. De 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

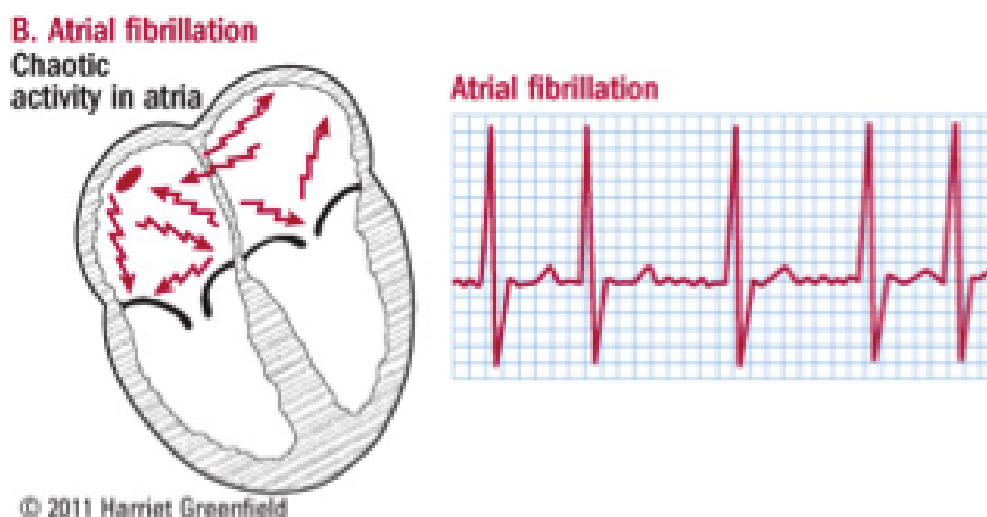
<sup>4</sup>[http://en.wikipedia.org/wiki/QRS\\_complex#/media/File:SinusRhythmLabels.svg](http://en.wikipedia.org/wiki/QRS_complex#/media/File:SinusRhythmLabels.svg)

normalt, men har ingen kontakt til atrium.

Pga. arytmien mister man den regelmæssige atrietyømning og en 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 indlagte patienter.

Hvis arytmien står på i længere tid, og ventrikelfrekvensen er hurtig, kan det udløse hjerteinsufficiens med tiltagende dilatation og dårlig kontraktion af ventriklerne.

Atrieflimren opstår som anfald (paroksysisk), der spontant konverterer til normal sinusrytme efter få timer eller 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 hjerteinsufficiens, både i højre og venstre side af hjertet.



Figur 3.5: Atrieflimren impulser og EKG<sup>5</sup>

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. Den hyppigste form for behandling er ved betablokkere, flekainid, dronaderon og amiodaron. Man indfører katere i venstre atrium, der ødelægger atriemuskulaturen, der udøser flimren.

<sup>5</sup><http://www.health.harvard.edu/>



# Systembeskrivelse 4

---





# Krav 5

---



# Projektbeskrivelse 6

---

- 6.1 Projektgennemførelse
- 6.2 Metode
- 6.3 Specifikation og analyse
- 6.4 Arkitektur
  - 6.4.1 Design
  - 6.4.2 Implementering
- 6.5 Resultater og diskussion
- 6.6 Opnået erfaringer
- 6.7 Fremtidigt arbejde



# Konklusion 7

---



# Referencer 8

---





