

# CHALMERS



## Stoppa bussen för att kliva på

*Kandidatarbete inom civilingenjörsprogrammet för maskinteknik*

**JAKOB BOMAN**  
**MARTIN HOLM**  
**MARIA LÄRKÄNG**  
**VICTOR VÄSTERNÄS**

Institutionen för Produkt- och Produktionsutveckling

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA  
Göteborg, Sverige 2012  
Kandidatarbete PPUX03-12-16

## Förord

Detta kandidatarbete har utförts under vårterminen 2012 vid Chalmers Tekniska Högskola på institutionen Produkt- och Produktionsutveckling. Arbetet har genomförts av en grupp bestående av fyra studenter från tre olika civilingenjörsprogram; Datateknik, Maskinteknik och Teknisk design. Kandidatarbetet är ett obligatoriskt moment i civilingenjörsutbildningen och krävs för att få ut sin kandidatexamen.

Vi vill tacka vår examinator Hans Johannesson och vår alltid lika engagerade handledare Anna Tidstam som har varit med oss under hela projektets gång. Ibland har Anna tyckt att vi varit rebelliska och tagit ner oss på jorden och ibland har hon bett oss kräma på lite, stort tack! Vi vill även tacka för hjälp vi har fått från Robin Dahlbäck som vi har konsulterat om trådlös överföring och Lars-Ola Bligård som vi bollat idéer med angående användarvänlighet. Institutionen PPU vill vi tacka stort, inte bara för kaffet utan även för trevligt och gott samarbete. Slutligen vill vi tacka PPU-labbet för att vi har fått tillgång till lokal och utrustning hos er.

## Sammanfattning

I rapporten för detta kandidatarbete presenteras en prototyp till en ny produkt samt utvecklingsarbetet som resulterat i denna. Produkten löser problematiken med att passagerare på en busshållplats blir förbipasserade av bussen för att bussföraren inte har sett dem. Problemet uppstår framför allt utanför stadstrafiken där bussföraren har svårt att upptäcka väntande resenärer på hållplatsen på grund av till exempel mörker, att den intilliggande terrängen skymmer hållplatsen eller att hållplatsen ligger långt från huvudrutten.

Den produkt som har utvecklats upprättar en kommunikationslänk mellan hållplatsen och bussen genom radiosignaler. Resenären trycker på en stoppknapp för den busslinje som den vill ska stanna. När bussen närmar sig hållplatsen tar bussen emot radiosignalerna och en lampa tänds på bussens instrumentpanel som tydligt signalerar föraren att den ska stanna på nästa hållplats.

Prototypen har tagits fram för att testa användarvänlighet av funktioner och för att kunna utföra tekniska funktionstester. I testerna framkom det att produkten är lätt att använda och ger bussföraren information om att den ska stanna vid nästa hållplats i tillräckligt god tid. Det medför att föraren kan planera sin körning så att en tvär inbromsning kan undvikas. Detta är av vikt då tvära inbromsningar är främsta orsaken till skador på passagerare i kollektivtrafiken. Prototypen och produkten behöver vidareutvecklas ytterligare, speciellt med tanke på resenärernas frustration ifall den inte alltid fungerar, men har stor potential att etablera sig som ledande produkt på marknaden.

Arbetet är utfört på Chalmers Tekniska Högskola som ett kandidatarbete under institutionen Produkt- och Produktionsutveckling. Produkten är speciellt riktad mot regionen Västra Götaland där Västtrafik ansvarar för kollektivtrafiken.

## Abstract

This Bachelor's Thesis is a presentation of a prototype of a new product, and the development process that has led up to it. The product solves the issue of a bus passenger who is waiting for the public bus being passed by the bus due to the bus driver not spotting them. This scenario is most common in rural areas, where the bus driver may have difficulties spotting the passenger at the bus stop due to darkness, interference in visibility from the terrain, or the bus stop being situated far from the main road.

The new product that's been developed establishes a communication link between the bus and the bus stop using radio signals. The passenger pushes a stop button on the product which corresponds to the bus that he or she would like to board. When the bus approaches the bus stop, the radio signals are received by a unit aboard the bus, and a lamp is lit on the bus driver's instrumental panel, thus indicating to the driver that he or she should pull into the next bus stop.

A prototype has been built to demonstrate and perform tests of the product's usability and functionality. The test results show that the product is easy to use and gives the bus driver information whether he or she needs to stop at the next bus stop in sufficient time. This makes it possible for the bus driver to plan the driving in advance so that hazardous maneuvers can be avoided. Further development is needed before the product can be implemented for its intended use, but it has great potential for establishment as a leading product in its field.

All work done developing the product and writing the paper is executed at Chalmers University of Technology as a Bachelor thesis under the department of Product and Production Development. The product is specially aimed for the Västra Götaland region, where Västtrafik are responsible for public transportation.

# Innehållsförteckning

<b>ORDLISTA .....</b>	<b>1</b>
<b>1. INLEDNING .....</b>	<b>3</b>
1.1 BAKGRUND OCH PROBLEMFÖRMULERING .....	3
1.2 SYFTE.....	3
1.3 AVGRÄNSNINGAR.....	4
1.4 UPPLÄGG AV RAPPORTEN .....	5
<b>2 FÖRSTUDIE .....</b>	<b>6</b>
2.1 INTERVJU .....	6
2.2 KONSULTATION ANVÄNDBARHET .....	7
2.3 TEORETISK ANVÄNDBARHETSANALYS.....	8
2.4 HÅLLPLATSER OCH LINJER .....	10
2.5 BEFINTLIGA LÖSNINGAR.....	12
2.6 TEKNISK KONSULTATION.....	14
2.7 LITTERATURSTUDIER FÖR TEKNISKA LÖSNINGAR .....	14
2.8 TRAFIKSÄKERHET .....	14
<b>3 URVALSPROCESS .....</b>	<b>15</b>
3.1 KRAVSPECIFIKATION .....	15
3.2 KONCEPTGENERERING .....	15
3.3 KONCEPTELIMINERING.....	18
<b>4 PRODUKTDESIGN.....</b>	<b>21</b>
4.1 ANVÄNDBARHET .....	21
4.1.1 ANVÄNDARTEST .....	21
4.1.2 UTFORMNING AV ANVÄNDARPANEL.....	23
4.1.3 UTFORMNING AV BUSSMODUL.....	24
4.2 TEKNISK DESIGN.....	25
4.2.1 HÄNDELSEFÖRLOPP .....	25
4.2.2 KOPPLINGSSCHEMA .....	26
4.2.3 SOLPANEL OCH SPÄNNINGSKONTROLLERARE .....	27
4.2.4 MJUKVARA.....	28
4.2.5 KOMMUNIKATIONSENHET.....	29
4.2.6 KOMPONENTLISTA .....	30
<b>5 VALIDERING .....</b>	<b>31</b>
5.1 ANVÄNDARTEST.....	31
5.2 KOMMUNIKATIONSTEST .....	33
<b>6 DISKUSSION.....</b>	<b>35</b>
6.1 KONTEXT.....	35
6.2 PRODUKT.....	36
6.3 ANVÄNDARE .....	37
6.4 YTTRELLIGARE ANVÄNDNINGSSOMRÅDEN .....	38

<b>7 SLUTSATSER OCH VIDAREUTVECKLING .....</b>	<b>39</b>
<b>7.1 SLUTSATS .....</b>	<b>39</b>
7.2 VIDAREUTVECKLING.....	40
7.2.1 TEKNISK UTVECKLING .....	40
7.2.2 KONCEPTUELL UTVECKLING.....	42
7.2.3 ANVÄNDBARHET UTVECKLING .....	42
<b>KÄLLFÖRTECKNING.....</b>	<b>43</b>

## Ordlista

**Transciever** – En enhet som har funktionalitet för att både sända och ta emot information i samma hölje och där delar av konstruktionen t.ex. antennen delar används för både sändning och mottagning.

**Radiosignal** – I texten så förekommer detta ordvalet flera gånger. Det som då avses är den elektromagnetiska våg som kommuniceras mellan en **transciever** och en annan.

**Usability** – Usability är enligt ISO-definitionen (ISO DIS 9241-11) "The extent to which a product can be used by specified users to achieve specified goals with effectiveness, efficiency, and satisfaction in a specified context of use."

I denna definition syftar *effectiveness* på *ändamålsenlighet*, det vill säga i hur hög grad ett mål eller en uppgift kan uppnås med hjälp av produkten. *Efficiency* innebär *effektivitet* och syftar på den ansträngning som krävs av användaren för att målet ska uppnås. *Satisfaction* innebär *tillfredsställelse* och syftar på användarens sammantagna upplevelse av användningen av produkten (Jordan, 1998). Begreppet usability är alltså en typ av kvalitetsmått på en produkt. Det finns många metoder för att utvärdera en produkts usability, och hur dessa används beror på vilken typ av produkt det rör sig om, vem användaren är och vilken kontext/miljö produkten används i. Det svenska ordet *användbarhet* brukar användas som en synonym för usability.

**Problemhållplats** – En hållplats där föraren kan uppleva svårigheter att i god tid urskilja hurvida det står resenärer och väntar eller inte.

**Modul** – En eller en mängd komponenter som uppfyller ställda krav. Moduler som uppfyller samma krav är utbytbara med varandra.

**Intermittent** – Beskriver något som är varierande, som avbryts periodvis.

**Protokoll** – Med protokoll som förekommer i texten menas kommunikationsprotokoll. Det är en överenskommelse för hur flera parter ska kommunicera i ett nätverk. Det används bland annat för att kunna försäkra sig om att det meddelandet som kommer fram är rätt och det inte blivit fel på vägen.

**Syntax** – Ett set med regler som beskriver hur man i ett språk sätter samman ord/enheter till mer komplexa strukturer som satser och meningar.

**Funktionsbärande komponent** – En komponent som utför en funktion; i detta sammanhang en komponent där användaren interagerar med produkten.

**Kognitiva resurser** – ”arbetsminnet” eller den kapacitet den mänskliga hjärnan har tillgänglig för att behandla sinnesintryck och information utifrån. Hjärnan kan bara behandla en begränsad mängd information samtidigt.

**Pin** – Avser en ingång på mikrokontrollern att sända information till eller ta emot ifrån. Ordet pin kommer sig av att den bara tar emot ett ensiffrigt binärt tal (ett eller noll) samt att den liknar en liten nål.

**Öppen-källkod plattform** – En plattform som inte skyddas av ett patent utan kan användas och distribueras fritt.

**Arduino** – Framförallt en **öppen-källkod plattform** som är designad för att vara enkelt att utveckla på, men är även namnet på programmeringsspråket som används på vederbörande plattform.

**Rutin** – Ett definerat set med instruktioner som sker i en bestämd ordning.

**Vektor** – Med vektor så avses en vektor inom programmering, d.v.s en mängd variabler som representerar en kategori och som skiljs av med ett **index**.

**Index** – Avser en position i en vektor eller ett fält.

**Processorkärna** – Avser ”huvuddelen” i processorn, det är den som utför beräkningen. En processorkärna kan endast utföra en beräkning åt gången.

**Meddelande-buffert** – När trådlösa meddelanden tas emot så läggs dom på en rad i ett minne till transcievern. För att programmet sedan ska kunna välja när den vill ”lyssna” på vad som den tagit emot. Meddelandena läggs då på en ”buffert” (raden) och då väljer radion hur den ordnar raden, men programmet läser alltid det meddelandet som ligger först på raden när den vill kolla vad den tagit emot.

**Debugging** – Menar den process där man letar ”buggar” i ett program. Med ”bug” så avser när programmet inte gör som man tänkt att det ska göra, exempelvis att ett program kan landa i ett oönskat tillstånd. Kort sagt är det när den som skrivit programmet inte har varit nog utförlig och skrivit koden så att det kan uppstå ett fel när programmet körs.

**EcoDriving** – En samling regler för ett körsätt som minskar bränsleförbrukning jämfört med normal körning.

**Meshnät** – En nätverksstruktur där varje nod har kontakt med minst två andra noder i samma nätverk.



# 1. Inledning

Samhället står idag inför stora utmaningar vad gäller trängsel och koldioxidutsläpp. Växande befolkning och ökad mängd trafik ställer krav på smarta lösningar. Ett steg i rätt riktning är att effektivisera kollektivtrafiken.

För att öka incitamentet att åka kollektivt syftar projektet till att ta fram en produkt som gör bussresorna snabbare och effektivare och på så sätt öppna upp för nya resvanor för resenärer. En följd av detta är att förtroendet och bekvämlighet i kollektivtrafiken ökar, både för chaufförer och passagerare.

## 1.1 Bakgrund och problemformulering

Kollektivtrafiken är idag en nödvändig del i ett fungerande samhälle. Bussar, tåg, färjor och spårvagnar kopplar samman geografiskt skilda platser i ett nät av hållplatser. I Västra Götalandsregionen ansvarar kollektivtrafiken av Västtrafik. Västtrafik länkar samman hela regionen med inte mindre än 22 000 hållplatser som tillsammans trafikeras av 2775 fordon. Under ett normaldygn kör Västtrafiks fordon ungefär 38 500 mil och 900 000 resor (Västtrafik, 2012).

De allra flesta resor går felfritt men ibland inträffar problem. Ett problem är att föraren på Västtrafiks bussar inte är medveten om det finns resenärer på en hållplats som vill kliva på bussen förrän fordonet har stannat och resenären har gått in genom dörren. Ibland stannar bussen utan att personen vid hållplatsen ska åka med bussen, konsekvenser av detta är förlorad tid och onödiga inbromsningar och accelerationer. Ett annat problem är att föraren uppmärksammar resenären på hållplatsen för sent eller inte alls. Konsekvenser av det är tvära, farliga inbromsningar eller att resenären inte får åka med bussen.

Arbetet är utfört på Chalmers Tekniska Högskola som ett kandidatarbete under institutionen Produkt- och Produktionsutveckling.

## 1.2 Syfte

Syftet med projektet är att skapa en kommunikationslänk mellan buss och busshållplats som gör det lättare för resenären att göra bussföraren medveten om att den vill åka med bussen. I projektet kommer en första prototyp till en produkt att utvecklas för att demonstrera önskade funktioner.

Bussföraren ska veta i tillräckligt god tid innan hållplatsen om det är en passagerare som vill stiga på eller om man kan köra vidare utan att sakta ner. Målet är att tillgodose varje hållplats unika krav på kommunikation mellan buss och hållplats. Passageraren skall bli garanterad att komma med det färdmedel som den önskar om den befinner sig på hållplatsen i tid, vilket enligt Västtrafik är 2 minuter innan avgångstid. Om föraren vet i god tid att den ska stanna på nästa hållplats kan körningen planeras så att ett miljöeffektivt (Sveriges Trafikskolors Riksförbund, 2011) och trafiksäkert (Berntman, Wretstrand & Holmberg, 2010) körsätt kan tillämpas.

Produkten riktar sig mot Västtrafiks geografiska område och speciellt vid de hållplatser där trafiken inte är såpass tät att bussen nästan alltid stannar. Dessa hållplatser ligger framförallt utanför stadsmiljö. Här händer det att bussen passerar hållplatsen utan att föraren uppmärksammat resenären. Det kan också vara så att föraren måste göra två inbromsningar då den upptäcker resenären för sent. Det är svårt för föraren att observera resenären på grund av att hållplatser kan vara dåligt upplysta, skymda av terrängen eller att trafiken håller hög hastighet. Produkten ska därför kunna lösa problemet oberoende av förhållandena för hållplatsen.

Kommunikationen i produkten sker genom en radiosignal som skickas ut från hållplatsen till en mottagare i bussen. Radiosignaler är stabila, energieffektiva och har tillräcklig räckvidd. Stabilitet behövs för att resenären ska lita på systemet och att dennes buss garanterat stannar på hållplatsen. Energieffektivitet erfordras då det inte alltid finns elnät på hållplatserna och energiförsörjningen sker genom solenergi. Bussföraren behöver veta i tillräckligt god tid innan hållplatsen att den ska stanna så att körningen kan planeras utan två inbromsningar, därför behövs en signalräckvidd som är längre än reaktionstid och stoppsträcka tillsammans.

De hållplatser som produkten har anpassats efter saknar ofta fast elnät, därför sker energiförsörjningen genom att en solpanel laddar upp ett batteri under dagen som driver systemet under hela dygnet. Då antal soltimmar under vinterhalvåret i Västra Götaland är få, måste produkten vara energisnål.

Produkten ska fungera genom att resenären matar in vilken busslinje den vill åka med och en signal skickas till bussen när den är inom räckhåll för sändaren. Bussföraren får då ett meddelande om att det finns en passagerare som vill åka med, och kan då kontrollerat bromsa in vid hållplatsen. Då produkten måste användas av alla resenärer för att uppfylla sitt syfte med att bussförare inte ska behöva kontrollera om det står en resenär på hållplatsen. Därför krävs det att användargränssnittet är tydligt och intuitivt. Målet är att ta fram en lättanvänd produkt som följer Västtrafiks formspråk och som alla resenärer förstår hur man använder korrekt första gången man anländer till en hållplats utrustad med produkten.

### 1.3 Avgränsningar

Projektet avgränsas till att endast omfatta hållplatser som trafikeras av fyra eller färre busslinjer. Denna avgränsning motiveras dels av begränsningar i den teknik som är tillgänglig att köpas i detaljhandeln, dels av att hållplatser som trafikeras av fler linjer än fyra bedöms vara tättrafikerade. Den täta trafiken gör att de problem formulerade i 1.2 *Syfte* existerar i betydligt mindre omfattning vid dessa hållplatser.

Den produkt som projektet syftar till att utveckla kommer endast att presenteras med hjälp av en prototyp. Prototypen är inte färdig för produktion med detaljritningar och materialspecifikationer, utan syftar främst till att testa produktens funktioner.

Produkten har inte utvecklats för att ta hänsyn till resenärer som anländer sent till hållplatsen och inte hinner mata in reseinformation, enligt Västtrafiks Resevillkor (Västtrafik, 2012) ska resenär befinna sig på hållplats i god tid innan bussen avgår.

Prototypen byggs för att visa att tekniken fungerar. Däremot kommer den inte optimeras på samma sätt som den produktionsfärdiga produkten. Det är framför allt energieffektiviteten som har överdimensionerats i prototypen. Materialval och tillverkningsmöjligheter tas inte heller i beaktning. Prototypen kommer att byggas av komponenter och material som finns tillgängliga i detaljhandeln inga specialkomponenter kommer alltså att beställas eller utvecklas.

I projektet kommer fokus att ligga på att utveckla en produkt för busshållplatser. Problemet finns även vid spårvagnshållplatser och färjeterminaler men inte i lika stor omfattning. Implementering av den utvecklade produkten kommer antagligen att kunna göras även för andra kollektivtrafikslag utan större ändringar av ursprungskonceptet.

Prototypen byggs med elektronik tillgänglig för privatpersoner, som använder sig av samma radiofrekvens som många andra produkter använder sig av. I en vidareutveckling av produkten kan en mer anpassad teknik användas och möjligtvis kan radiokommunikationen sändas över en egen frekvens, mer om detta under kapitel 7.2 *Vidareutveckling*. Projektet avser ej att utveckla prototypen till att klara av alla eventuella radiostörningar.

Projektet avgränsas från att utveckla ett fullt fungerande backupsystem som vore önskvärt om en komponent går sönder eller strömavbrott inträffar. Ett teoretiskt förslag på utformning av sådant backupsystem presenteras dock under kapitlet 7.2 *Vidareutveckling*.

## 1.4 Upplägg av rapporten

Strukturen i rapporten är upplagd på så sätt att resultat presenteras i samband med metod. Denna struktur väljs för att få en tydligare blick över produktutvecklingens fortgång. Faserna i projektet är presenterade i kronologisk ordning. Kapitel 2 beskriver förstudien, kapitel 3 beskriver urvalsprocessen, kapitel 4 produktdesign och kapitel 5 validering av den framtagna prototypen.

I kapitel 6 diskuteras projektet i sin helhet; brister i konceptet, styrkor hos detsamma och förslag på ytterligare användningsområden. Kapitel 7 tar upp slutsatser och vidareutveckling av produkten.

## 2 Förstudie

I den första delen av projektet har förståelse sökts för vad problemet är, vilka som påverkas och på vilket sätt. Förstudien inleddes med att skapa en bild av hur problemet såg ut i förhållande till användarna av den tänkta produkten. Detta skedde genom en intervju med en busschaufför samt en konsultation med en expert på användbarhet. En teoretisk användbarhetsanalys av användningssituationen för resenärer genomfördes.

Som nästa steg genomfördes fältstudier på de hållplatser och linjer där problemet finns, för att skapa en bild av produktens sammanhang.

Även befintliga lösningar som på olika sätt löser problemet idag studerades. Till förstudien hör även litteraturstudier av trafiksäkerhetsrapporter i kollektivtrafiken och tekniska konsultationer.

### 2.1 Intervju

#### Metod

Chaufförernas behov utreddes i ett första skede med hjälp av en semistrukturerad individuell djupintervju med en erfaren chaufför. Till denna användes en intervjuguide (*bilaga 1*) med öppna frågor som gav utrymme för utförliga svar. Utrymme gavs också för att ställa följdfrågor, samt för chauffören att komma med egna idéer och synpunkter kring problemställningen och befintliga lösningar. Bilder på några av de lösningar som existerar i nuläget medtogs till intervjun.

Dokumentation av intervjun skedde med ljudupptagning och anteckningar. Den kvalitativa data som framkom ur intervjusvaren sammanställdes därefter i citatform, och analyserades med hjälp av KJ-analys (*bilaga 2*). KJ-analys skapades av Jiro Kawakita på 1960-talet och används med fördel för att identifiera brukarkrav ur stora mängder verbal data. Uttalanden som beskriver brukarkrav identifieras, grupperas utifrån område och kan därefter också rangordnas inbördes. Detta ger en grund för en kravspecifikation baserad på brukarens behov.

#### Resultat

Intervjusvaren gav främst en mycket tydligare bild av vilken typ av hållplatser som är mest problematiska. Chauffören uppgav att problemet med att passagerare som väntar vid hållplatsen är svåra att se förekommer främst utanför stadstrafik. Hållplatser som saknar belysning och ligger längs vägsträckor med högre hastighetsbegränsning (70-90 km/h) är mest problematiska. I allmänhet upplevde chauffören att passagerare som är vana att åka från sådana hållplatser brukar vara bra på att signalera att de vill åka med bussen, genom att använda sig av reflexer eller lampor. Vid möte med andra fordon som bländar och försvårar sikten kan det dock vara svårt att se passagerare även om de använder sig av ovan nämnda hjälpmedel.

Under intervjun framkom att busschaufförer ofta kör ett stort antal olika linjer under en arbetsvecka, och att det därför kan vara svårt att veta för en chaufför som är ny på en linje var hållplatserna finns och vilka hållplatser som kan vara svåra att se. Under en arbetsvecka kan en chaufför köra uppemot 40 olika linjer.

Bussföraren beskrev vidare att man med ökad linjekännedom ofta lär sig var det brukar finnas resenärer, så att man kan vara mer uppmärksam vid sådana hållplatser och förbereda en inbromsning i god tid. Detta kan dock vara problematiskt i de lägen då man som chaufför vet att det inte brukar finnas passagerare vid en viss hållplats. Om det då finns någon där ökar risken att denne blir frånåkt, eftersom chauffören är van vid att kunna köra förbi hållplatsen utan att stanna.

Vid hållplatser som ligger utanför den ordinarie vägsträckningen, där bussen svänger in på en egen slinga, uppgav chauffören att det kan vara svårt eller omöjligt att se om det finns någon resenär som vill åka med. Därför svänger man oftast in på sådana hållplatser för att vara på den säkra sidan. Detta kan leda till tidsspill då man sedan får vänta på övrig trafik innan man kan köra ut på huvudleden igen.

På hållplatser som trafikeras av flera olika linjer händer det att flera bussar kommer samtidigt till hållplatsen. Eftersom det då är svårt att veta för chaufförerna vilken buss de väntande passagerarna ska åka med så kör samtliga bussar då in vid hållplatsen.

Chauffören beskrev också att onödiga stopp kan leda till problem med att hålla tidtabellen, som är beräknad utifrån ett ”normalläge” där bussen oftast inte stannar vid varje hållplats. Varje onödigt stopp kan då leda till att bussen blir försenad. Detta kan ofta leda till att chauffören tvingas hoppa över den paus som är inplanerad mellan två körningar för mellanmål, toalettbesök och dylikt. Om man däremot kan slippa stanna vid hållplatser där ingen ska gå av eller på, kan det vara möjligt att köra ikapp en försening så att man ligger i fas med tidtabellen vid linjens ändhållplats.

## 2.2 Konsultation om användbarhet

### Metod

Som en del av förstudien gjordes också en konsultation med Lars-Ola Bligård, som är doktorand på Design and Human Factors och mycket kunnig inom usability och förebyggande av användningsfel. Enkla konceptskisser medtogs till konsultationen som ett underlag för diskussion. Problemet beskrevs kortfattat och konsultationen genomfördes därefter som en öppen diskussion.

### Resultat

Framst framkom rekommendationen att göra produkten så synlig som möjligt på hållplatsen, och vikten av att användaren i ett tidigt skede förstår att han eller hon måste göra något aktivt för att få bussen att stanna. En produkt som användaren inte lätt förstår kan skapa problem istället för att lösa dem.

En rekommendation som togs fasta på var att utforma produkten utifrån saker som användare är vana vid att använda i anslutning till bussresor, exempelvis *stoppknappar* på bussar. Lars-Ola föreslog också att produkten utöver att stoppa en specifik busslinje även kunde ha en funktion som stoppade nästa buss som passerade hållplatsen, oavsett vilken linje bussen körde.

En teoretisk analys av användningssituationen rekommenderades som nästa steg, för att utifrån dessa resultat kunna utforma användartester. Dessa tester kunde med fördel hållas enkla, och gärna utformade så att testdeltagaren inte genast förstod att det var

produkten som skulle testas. Ett sätt att åstadkomma detta kan vara längre scenarier där användandet av produkten bara är en del.

## 2.3 Teoretisk användbarhetsanalys

### Metod

För att underlätta utformningen av användartester samt identifiera potentiella problem i användningen av produkten genomfördes en teoretisk analys av användningssituationen. Denna inleddes med en Hierarchical Task Analysis (HTA), i vilken användningssituationen delades upp i delmoment som ordnades i grupper och undergrupperingar. Denna analysmetod används med fördel för att bryta ner en användningssituation i mindre delar som därefter kan analyseras vidare var för sig. Risken att ett kritiskt delmoment eller ett potentiellt problem missas kan därmed minimeras (Engelbrektsson, 2010).

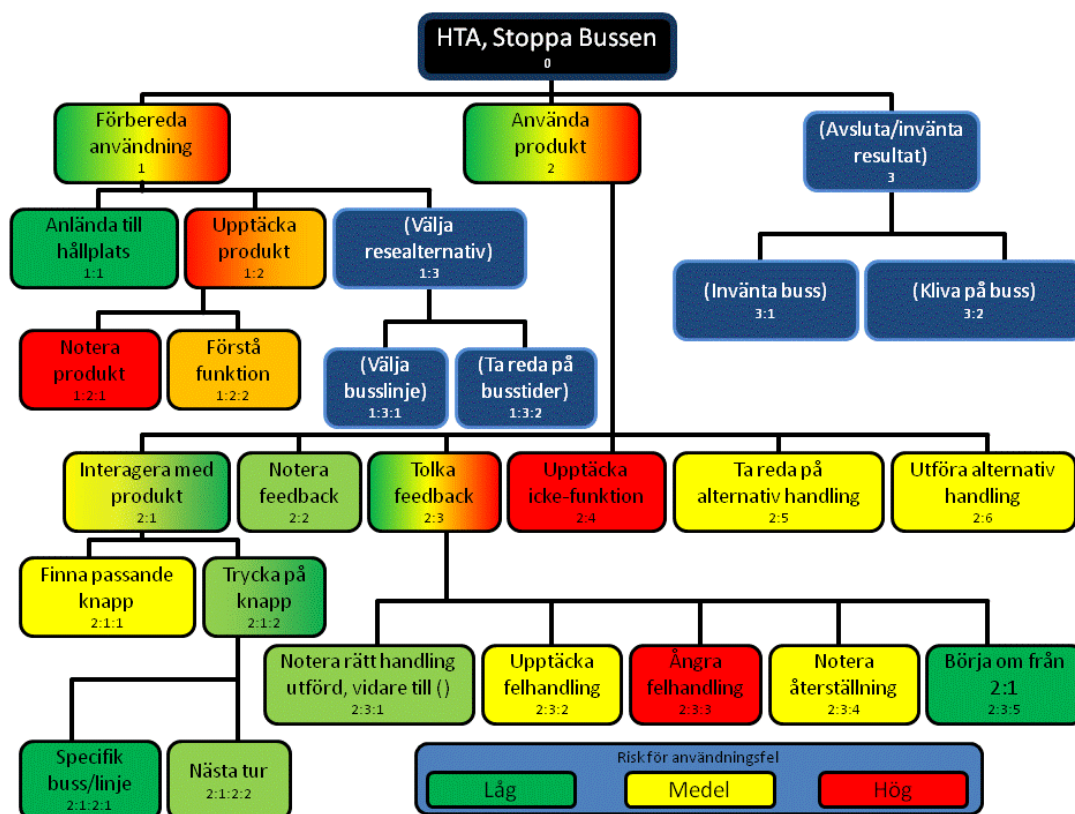
Med HTA som grund utfördes därefter en kombinerad Cognitive Walkthrough (CW) och Predictive Human Error Analysis (PHEA).

Cognitive Walkthrough innebär en genomgång av en användningssituation, där situationen delas upp i delmoment som analyseras var för sig. För varje delmoment besvaras fyra frågor, och utifrån svaren kan en bedömning göras av hur sannolikt det är att en användare klarar av att genomföra delmomentet utan problem.

Predictive Human Error Analysis innebär också en genomgång av användningssituationens olika delmoment. För varje delmoment analyserar man vilka felhandlingar en användare kan göra, vilka konsekvenser dessa felhandlingar kan ha, samt om och hur dessa felhandlingar kan återställas (Jordan, 1998).

Dessa båda metoder kombinerades enligt en fördefinierad mall, och därefter analyserades delmomenten från HTA med hjälp av denna mall (*bilaga 3*). Baserat på detta gjordes sedan en bedömning av hur hög risken var för användningsfel i varje delmoment, och HTA färgkodades utifrån dessa bedömningar. De delmoment som inte berörde produkten direkt uteslöts ur analysen.

## Resultat



Figur 2.1. HTA för användningssituationen då en resenär ska stoppa bussen med hjälp av produkten. HTA beskriver användningssituationens delmoment, uppdelade i hierarkiska nivåer och ordnade i kronologisk ordning. Varje delmoment är färgkodat utifrån resultatet i CW/PHEA-analysen. Färgerna visar hur hög risken är för användningsfel i varje delmoment.

I den teoretiska analysen framträdde tre delmoment som mer problematiska, dessa är de helt rödmarkerade delmomenten i figur 2.1. Det första momentet där problem och felhandlingar lätt kan uppstå är då användaren ska se produkten och förstå hur den ska användas. Om användaren inte lägger märke till produkten, eller missförstår dess funktion och därför inte lyckas använda den korrekt, kan produkten skapa nya problem istället för att lösa befintliga.

Det andra delmomentet där fel lätt kan uppstå, är om användaren har tryckt på fel knapp och behöver återställa detta. Om en återställning inte lätt kan göras, riskerar detta att leda till att fel buss stannar vid hållplatsen. Detta skulle kunna skapa situationer där produkten orsakar fler onödiga stopp istället för att minska antalet sådana.

Det tredje potentiellt problematiska delmomentet som framkom ur den teoretiska analysen är om produkten är ur funktion, så att användaren inte kan använda den för att signalera till bussen. I en sådan situation är det viktigt att det framgår till användaren att produkten inte fungerar, så att han eller hon kan vidta andra åtgärder för att stoppa bussen, till exempel använda en reflex. Om användaren tror att produkten fungerar trots att den inte gör det, kan det leda till att bussen kör förbi utan att stanna. Detta i sin tur riskerar att minska användarens förtroende för produkten, och kanske även för kollektivtrafiken i stort.



## 2.4 Hållplatser och linjer

### Metod

För att kartlägga i vilken miljö som den nya produkten ska verka och vilka krav som ställs, gjordes studier av hållplatser och linjer där problemet finns. Från intervjuer med bussförare och bussresenärer har det fastställts att det framför allt är linjer med hållplatser utanför stadsmiljö som är intressanta ur projektets perspektiv. Till att börja med studerades linjenätkartor och tidtabeller, speciellt Expressbussar och linjer med landsvägskörning. Gemensamma nämnare, så som höga hastigheter, varierande busstäthet och ensliga hållplatser kunde urskiljas genom att studera satellitbilder. Efter det valdes en linje ut, som var representativ för de intressanta linjerna. På denna linje utfördes fältstudier.

I fältstudierna undersöktes vilka svårigheter bussföraren har att se passagerarna på hållplatsen genom simuleringar. I dessa simuleringar placerades en person ut på hållplatsen för att agera väntande resenär. Resterande i fältpatrullen närmade sig sen hållplatsen i bil, med för vägen lämplig hastighet, och fick på så sätt se problematiken ur bussförarens perspektiv.

Aspekter som hur långt innan det är möjligt för bussföraren att upptäcka resenären samt om det då är möjligt att göra en mjuk inbromsning in på hållplatsen studerats. Även möjligheten för resenären att upptäcka bussen och hinna göra en aktiv handling för att påkalla uppmärksamhet från bussföraren studerades. Studierna utfördes i fullt dagsljus även om det i intervjuer framkommit att svårigheten att se väntande resenärer på hållplatserna är som störst vid mörker. Det minskar dock inte trovärdigheten i studien, då problematiken är av samma art oavsett ljus, om än större vid mörker. Genom att studera belysning på och kring hållplatsen erhöles en god bild av mörkrets bidrag till problematiken.

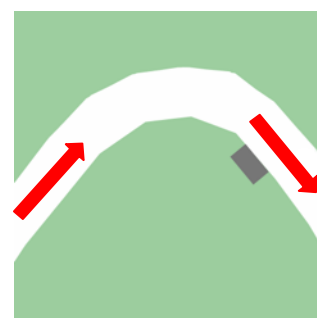
### Resultat

Det framkom att anledningen till att det är svårt för bussföraren att se resenärer var olika på olika hållplatser. Faktorer som påverkar är terräng med kullar och växtlighet, avsaknad av belysning, att hållplatsen är skymd eller placerad långt från vägen.

Här följer en genomgång av några typiska problem hållplatser och förklaringar av svårigheterna för den typen av hållplatser.

#### 1. Högerkurva

Då busshållplatsen står i eller precis efter en kurva, har bussföraren inte möjlighet att se de väntande resenärerna förrän i allra sista stund. Resenärerna vet inte exakt när bussen kommer och kan därför inte vara beredda att utföra en aktiv handling för att påkalla uppmärksamhet. Dessa hållplatser är speciellt problematiska i mörker då fordonets ljuskäglor riktas bort från hållplatsen. Ett illustration finns i *figur 2.2*.

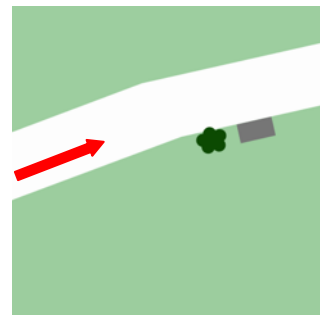


*Figur 2.2: Illustration över problemhållplats i högerkurva.*



## 2. Skymd sikt

Vid vissa hållplatser är det ett hinder framför hållplatsen som skymmer sikten för bussföraren och för de väntande resenärerna. Det kan vara hinder i form av exempelvis växlighet, bullerplank eller berg. Se *figur 2.3*



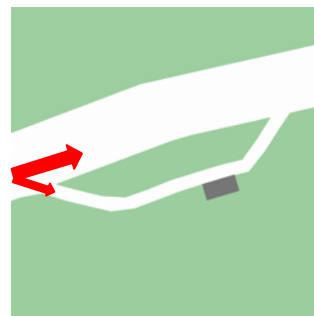
*Figur 2.3: Illustration över skymd busshållplats.*

## 3. Ingen belysning

Många hållplatser på landsbygden saknar helt belysning från hållplatsen och omgivningen. En person utan reflexer eller lampa är svår att upptäcka för bussföraren om inte bussens strålkastare lyser direkt på personen på hållplatsen. Om personen dessutom sitter inne i busskuren kan kurens glasruta reflektera bussens strålkastare, vilket gör att personen inte syns.

## 4. Avfarter från huvudled

För att nå vissa hållplatser måste bussen svänga av från huvudleden på en avfartsslinga. Här är det i regel omöjligt för bussföraren att se om det står någon och väntar på busshållplatsen. Det gör att bussen alltid måste svänga av huvudleden för att inte riskera att åka ifrån en resenär. Ibland tar dessa slingor flera minuter att köra. Se exempel i



*Figur 2.4: Illustration över avfartshållplats.*

*figur 2.4.*

Ett problem som finns med avfarter till hållplatser som är långa är att resenären inte hinner komma till hållplatsen innan bussen skulle ha svängt av och hinner inte rapportera att den vill med bussen. Dessa avfarter beräknas vara de som tar längre tid än 2 minuter för bussen att köra från avfarten till hållplatsen utan stopp. Denna siffra kommer från Västtrafiks reseplanerare (Västtrafik, 2012) och är där den minsta bytestiden de rekommenderar. Vid dessa långa avfarter rekommenderas att bussen alltid ska köra in.

I fältstudien framkom också att hållplatserna ofta saknar fast elnät och saknar belysning. På hållplatserna längs med den linje som studerades, fanns även andra linjer, dvs en och samma hållplats har flera olika busslinjer som stannar på hållplatsen.

Baserat på fältstudierna görs en grov uppskattning på hur många hållplatser som produkten kan vara aktuell för Västtrafik att installera. Uppskattningsvis är 1 % av hållplatserna så kallade *problemhållplatser* och ytterligare 4 % är hållplatser där produkten skulle komma till fördel. Västtrafiks fordon trafikerar 21 000 hållplatser så det innebär att ca 1000 enheter kan vara aktuella.

För att bussförare ska hinna reagera och bromsa in kontrollerat till hållplatsen gäller det att de får signal om väntande resenär i god tid innan busshållplats. Vad som är god

tid för att stanna vid en hållplats varierar med hastighet, väglag och sikt. Som referens kan man nämna att hållplatsutropen tidigare var 200 meter innan hållplatsen. Detta tyckte dock förarna var för sent, därför ändrades det till 300 meter, vilket framgick ur intervju med bussförare hos Västtrafik. Se *bilaga 4*. Detta betyder att det är önskvärt att förarna har information 300 meter före hållplatsen.

## 2.5 Befintliga lösningar

### Metod

Från kapitel 2 *Förstudie* framkommer det vad problemet är samt var problemet visar sig som störst. För att påbörja arbetet med att ta fram en lösning på hur problemet kan lösas gjordes en undersökning av redan befintliga koncept på samma problem. Genom sökningar på internet påträffades ett antal koncept som hade uppmärksammats i media. Dessa löser delar av problemet mer eller mindre bra. Många utav dem är anpassade för en specifik hållplats och en specifik situation.

Dessa lösningar studerades och analyserades i avsikt att ta reda på hur de fungerade både tekniskt och ur användbarhetsperspektiv. Den mest intressanta lösningen, BussLED, analyserades djupare genom att bryta ner den i dess funktionsstruktur.

### Resultat

De mest enkla och mest använda lösningen idag är att resenären själv medtager en reflex eller ett lysande föremål och viftar med för att synas tydligare i mörker. Detta är ett effektivt sätt att synas tidigare för bussförare i mörkret på en raksträcka med fri sikt. Däremot fungerar det inte vid alla de så kallade *problemhållplatser* som beskrivs i föregående kapitel.



*Figur 2.5: Figuren visar en befintlig lösning där det finns en signalknapp (grön prick) på hållplats som tänds en signallampa (röd prick) ute på E4:an.*

### Kalldalsvägskälet

Ett koncept som löser problemet vid en specifik hållplats är lösningen vid Kalldalsvägskälet (Vägverket, 2008) längst med motorvägen E4:an, se *figur 2.5*. Hållplatsen är en avfartshållplats och konceptet är utformat så att det finns två knappar vid busshållplatsen, en för resa med buss söderut eller en buss norrut. När resenären kommer till hållplatsen trycker den in knappen och en signallampa tänds ute vid vägen. Vid hållplatsen hörs ett ljud som ger feedback på att lampan är aktiverad. Efter att man har tryckt på knappen så lyser lampan ute vid vägen i 20 minuter med hjälp av en timer. Detta är en lösning som fungerar utmärkt vid just denna hållplats, bussen behöver inte svänga av från E4:an för att undersöka om resenärer finns vid hållplatsen. Lösningen fungerar här för

det bara är en busslinje som passerar och den gör det mer sällan än var 20:e minut. Detta koncept är särskilt intressant för att signalen till bussen inte är placerad i anslutning till hållplatsen.

### BussLED

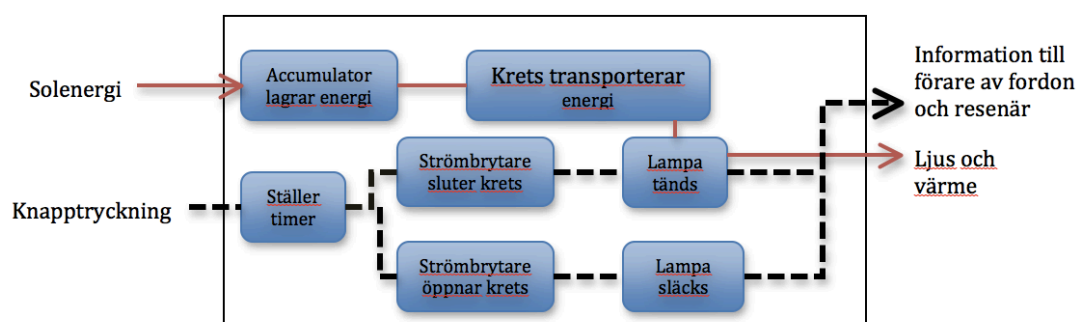
En annan intressant lösning är produkten BussLED (Kalmar Läns Trafik AB Högsby, 2008) som finns i bruk på ett antal hållplatser som körs av Kalmar Länstrafik, se bildexempel i *figur 2.6*. BussLED fungerar med en *stoppknapp* som tänds en signallampa i 5 minuter på hållplatsen. Vad som är extra intressant med BussLED är att den är anpassad för busshållplatser som saknar fast elnät, vilket många identifierade *problemhållplatsen* gör. Energiförsörjningen har BussLED löst genom att ha solcellspaneler som laddar upp en ackumulator vid varje hållplats. Denna lösning har precis som det ovan nämnda konceptet brister i att det inte går att signalera till olika busslinjer samtidigt. Då signallampan är integrerad med busshållplatsen fungerar den sämre för avfarthållplatser och hållplatser som är skymda. Gemensamt för de bägge koncepten är att de bygger på en lampa som signalerar till bussföraren vilket kan vara svårt att uppfatta i dagsljus.



*Figur 2.6. Figuren visar den befintliga produkten BussLED och dess användning av solpanel integrerat med hållplatsen.*

### Funktionsstruktur

Produkten BussLED delades upp i moduler och placerades i en funktionsstruktur, se *figur 2.7*.



*Figur 2.7. Funktionsstruktur över produkten BussLED. De blåa boxarna är moduler som utför en funktion. De röda pilarna visar hur energin flödar genom produkten, de svartsträckade visar hur informationen flödar och den svarta boxen runt om visar produktgränsen.*

Genom att bryta ner BussLED i moduler kunde dessa användas som dellösningar i en konceptgenerering. Mer om detta i avsnittet 3.2 *Konceptgenerering*.

## 2.6 Teknisk konsultation

### Metod

Då projektet hade deltagare från Civilingenjörsprogrammet i Datateknik undersöktes möjligheten att konstruera en elektronisk lösning på problemet. För att inte göra projektet för storskaligt, så söktes personer mer insatta i småskaliga elektronik-byggen upp och konsulterades för möjliga lösningar.

### Resultat

Den första personen som kontaktades var Ted Henriksson, då han jobbat två år med mikrokontroller/enchipsdatorer och har ett fritidsintresse för området. Efter ha förklarat problematiken i projektet för Ted så diskuterades möjligheterna att skapa en enklare lösning, stor nog för en person att bygga och han var positiv till det. Hans förslag var att använda två stycken mikrokontroller där man placerade en på fordonet och en på hållplatsen och sedan lät dem kommunicera trådlöst med varandra.

Förutom Ted så kom även projektet i kontakt, genom sin handledare, med Robin Dahlbäck som doktorerade på Institutionen för Mikroteknologi och Nanovetenskap. Robin besökte kandidatgruppen och gav en presentation på möjliga teknologier för att lösa problemet. Bland annat så diskuterades olika teknologier att kommunicera, såsom GPRS, Wi-Fi eller ZigBee. Samtliga av dessa är exempel protokoll för trådlös kommunikation och implementeras på olika sätt.

## 2.7 Litteraturstudier för tekniska lösningar

### Metod

Efter diskussioner med insatta personer i 2.6 *Teknisk konsultation* så söktes genomförigare kunskap på ämnet upp genom litteraturstudier. Det som eftersöktes var litteratur på uppbyggnad av de olika lösningarna som diskuterades i 2.6 *Teknisk konsultation*. Framförallt så söktes mer kunskap inom området.

### Resultat

Den mest aktuella skriften projektet kom i kontakt med var en boken ”Building Wireless Sensor Networks” (Faludi, 2010). Han presenterade utförligen hur man valde komponenter för att komma igång med ett småskaligt elektronikprojekt, hur man ställde in grundinställningarna för komponenterna samt enkla exempel så man kom igång med programmeringen. Den presenterade både lösningar för användande av ZigBee och Wi-Fi som protokoll.

## 2.8 Trafiksäkerhet

### Metod

Trafiksäkerhet är en central aspekt av all produktutveckling mot kollektivtrafiken. I förstudien genomfördes litteraturstudier av rapporten Bus Travel Safety (Berntman, Wretstrand & Holmberg, 2010). Särskilt studerades hur hastighetsförändringar påverkar säkerheten i trafiken för bussresenärer och den övriga trafiken.

### Resultat

Från rapporten Bus Travel Safety framgår det att om föraren måste göra tvära inbromsningar är det en trafikfara. Tvärbromsningar och häftiga manövrarna är en trafikfara för andra fordon i trafiken, för människor runt hållplatsen men framför allt

för passagerarna på bussen. Det flesta personsador som inträffar i kollektivtrafiken är singelolyckor där det inte förekommit någon kollision. Av singelolyckorna sker 60 procent då passageraren är på bussen och beror på plötsliga hastighetsförändringar, (inbromsningar 60 %, accelerationer 25 %). Gamla och rörelsehindrade är överrepresenterade i statistiken.

### 3 Urvalsprocess

Efter förstudien då problemet var kartlagt kunde arbetet med att hitta lösningar påbörjas. Genomgående i urvalsprocessen har metoder baserade på *Product Design and Development* (Ulrich & Eppinger, 2003) använts. Dessa metoder har inte följts helt och hållet, men huvudstegen har tillämpats. Till att börja med upprättades en kravspecifikation utifrån de krav som hade framkommit i förstudien. Därefter delades produkten in i moduler baserade på funktion, för att med hjälp av dessa generera koncept. Slutligen vägdes de olika koncepten mot varandra och matchades mot kravspecifikationen, för att få fram det bästa konceptet för varje modul.

#### 3.1 Kravspecifikation

##### Metod

Ur intervju med bussförare, studie av befintliga koncept samt projektgruppens egna erfarenheter upprättades en kravspecifikation med krav och önskemål som den tänkta produkten önskas uppfylla. Kravspecifikationen används som ett styrande dokument i konceptgenereringen och även vid sällning av genererade koncept, det vill säga konceptelimineringen. I kravspecifikationen finns specificerat vad kravet är, vem intressenten för kravet, målvärde för kravet samt hur viktigt det är. Viktningskalan går från önskemål till krav, önskemålen i sig är viktade mellan Ö3 som är lägsta grad av önskemål till Ö5 som är högsta grad. En kravspecifikation används för att säkerställa att utvecklingsprocessen följer alla intressenter behov och önskemål.

##### Resultat

Kravspecifikationen finns att läsa om i *bilaga 5*. Kraven delades upp i grupperna: Väderresistens, Tekniska krav, Användarvänlighet, Kostnader, Generalitet och Stadgar. Kravspecifikationen är upprättad för produkten och inte prototypen som tas fram. Däremot eftersträvas prototypen att passa kraven. Konceptet skall vara sådant att det ger möjlighet för produkten att följa kravspecifikationen. Många av kraven är svåra att sätta ett målvärde på då projektet inte har underlag att ta fram riktiga siffror på till exempel tillverkningskostnad.

#### 3.2 Konceptgenerering

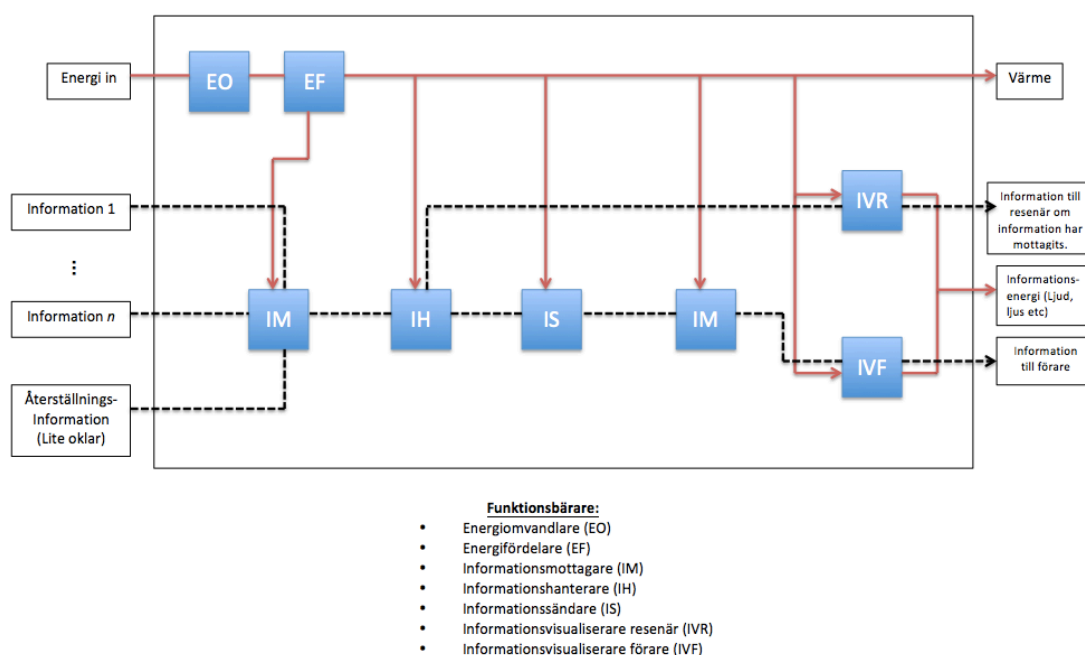
##### Metod

För att underlätta genereringen av koncept och senare urvalet, delades produkten in i olika moduler. De moduler som identifierats på befintliga koncept återanvändes och därefter lades fler moduler till. Alla moduler är formulerade så att de är lösningsneutrala, för att i utvecklingsarbetet, inte låsa sig vid en viss teknisk lösning.

Anledningen till att fler moduler lades till var dels för att kunna åtgärda de brister som fanns hos befintliga koncept men också för att kunna utveckla konceptet med önskvärda funktioner. I *figur 3.1* fås en överblick över hur de olika modulerna hänger samman och därefter förklaras vad deras funktion är.

Till varje modul genereras delkoncept, som sen när de sätts samman utgör helhetskonceptet. Delkoncepten matchas mot den kravspecifikation som upprättats efter förstudien. De olika modulerna och utvalda delkoncept till respektive modul presenteras kort nedan, mer jämförelse mellan koncepten finns i kapitel 3.3 *Koncepteliminering*.

## Resultat



*Figur 3.1, överblick av de olika moduler som bygger upp helhetskonceptet och hur de samverkar. De blå boxarna är moduler som utför en funktion, funktionsbärare. De röda pilarna visar hur energin flödar. De svarta streckade pilarna visar hur informationen flödar. Produkten är den heldragna svarta rektangeln. De svarta boxarna till vänster om produktgränsen är information/energi som går in i systemet och de till höger är information/energi som går ut. Underst i figur visas en lista med hela modulnamnen som har förkortats i de blå boxarna.*

### 1. Energiovandlare

Produkten kommer att behöva förses med energi för att stoppa bussen. Den energin kan komma från flera olika källor. Genom studier av den befintliga produkten BussLED togs solenergi fram som ett delkoncept. Från brainstorming kom även delkoncept som innefattade vindkraft, batteri eller att den väntande resenären genererar energi för hand.

## **2. Energifördelare**

Energin måste fördelas ut till de andra modulerna. Om energikällan är intermittent, det vill säga ej konstant, så kommer den här modulen även att lagra energin, då den inkommande energin inte är tillräcklig.

## **3. Informationsmottagare**

Denna modul består av två stycken likadana enheter. Den första tar hand om den information som resenären på busshållplatsen ger, dvs en resenär finns på hållplatsen som vill åka med bussen. I kravspecifikationen under punkt 5.2 *Hållplatsanpassning* står det att produkten skall kunna hantera fyra olika busslinjer, så informationsmottagaren ska kunna hantera minst fyra olika indata.

Delkoncept som utvärderades var bland annat att ha en central server som tog emot information via någon form av mobil/immobil applikation samt att ha en mikrokontroller stationerad på hållplatsen. Även helt mekaniska lösningar togs under beaktning. En lösning som inte gick vidare i processen är användning av GPS skulle behöva vara kopplat till Västtrafiks GPS-system. Den eliminerades av anledning att det krävs tillgång till Västtrafiks datasystem. Den lösningen låser även produkten till en kund (Västtrafik) på marknaden vilket går emot målet att göra en generell lösning.

Den andra enheten i informationsmottagen tar hand om den information som hållplatsen sänder ut till bussföraren. Det var i konceptgenereringsfasen inte fastslaget var den skulle befinna sig. På bussen eller längs med vägen var alternativ som diskuterades, tekniskt handlade det om liknande teknik som för den första informationsmottagaren.

## **4. Informationshanterare**

Här hanteras informationen som resenären har gett och beroende på vilken data som kommit in aktiveras informationssändare och/eller informationsvisualiseraren för resenären. Informationshanteraren är någon form av dator, dess storlek och placering, antingen liten och på hållplatsen eller större på central ort, diskuterades.

## **5. Informationssändare**

Den här modulen är precis som det låter en sändare som sänder information från hållplatsen till bussen om den skall stanna eller köra förbi hållplatsen. I alla befintliga koncept sker denna överföring via lampor som sänder ut ljus. Alternativa sätt att skicka information är via radiosignaler, med hjälp av t.ex. en transceiver.

## **6. Informationsvisualiserare resenär**

På hållplatsen behöver resenärer bli uppmärksam om att det finns en produkt på hållplatsen som skall användas för att kommunicera med bussen. När resenärer använder produkten ska denna modul även ge information om vilka val som gjorts och om bussen kommer att stanna. Detta är en mycket viktig del av produkten som avgör hur användarvänlig produkten i slutändan blir. För att visualisera information kan lampor, ljud, former och bilder användas.



## 7. Informationsvisualiserare förare

Den här modulen skall ge föraren information om att det finns en resenär på hållplatsen som vill åka med bussen. På befintliga produkter finns denna modul utanför bussen antingen i anslutning till hållplatsen eller längs med vägen och då genom att en lampa tänds eller släcks. Anledningen till att modulen inte finns på bussen i befintliga koncept är begränsningen i informationssändare. När fler informationssändare tas i beaktning, kan informationsvisualiseraren istället befinna sig på bussen i form av en lampa, ett ljud eller integrerat i instrumentbrädan.

## 3.3 Koncepteliminering

### Metod

Från de olika koncept som framkom av konceptgenereringen i förra kapitlet vill man på ett systematiskt sätt få fram det bästa alternativet. Vid elimineringen stryks först alla koncept som inte uppfyller kraven från kravspecifikationen se *bilaga 5*. Kvarstående koncept uppfyller kraven olika bra och behöver därför viktas och ställas mot varandra. Efter det fås en eller ett par koncept fram som vidareutvecklas och testas för att avslutningsvis få fram det bästa konceptet för problemet.

### Resultat

#### 1. Energiomvandlingsmodul

Tre koncept; solpanel, vindkraftverk och utbytbara batterier var de som klarade alla krav från kravspecifikationerna. Att använda sig av befintligt elnät har många fördelar men faller på kravet att produkten skall fungera även på hållplatser utan fast elnät.

Koncept	Solpanel	Vindkraft	Utbytbart batteri
Tillförlitlighet	1	0	1
Energi mängd	0	0	1
Underhåll	1	1	-1
Effektivitet	1	1	1
Kostnad	0	0	0
Flexibilitet	1	-1	1
Storlek	1	-1	1
Miljö	1	1	-1
Summa	6	1	3

Tabell 3.1, de kandiderande koncepten viktade i en Pugh-matris.

De tre kandiderande koncepten vägdes mot varandra i en Pugh-matris och vinnaren blev solpanel. Det som framförallt är dess fördelar är att den är pålitlig, miljövänlig och underhållsfri. Pålitligt på så sätt att det kommer tillräckligt ljus varje dag för att kunna driva systemet under hela dygnet även molniga dagar och under vinterhalvåret. Vindkraften är inte lika pålitlig, det kan gå en hel vecka med för lite eller för mycket vind för att kunna använda sig av vindkraft i den här applikationen.



Solpanelen är mer miljövänlig än systemet med batterier som byts ut. Även om de utbytbara batterierna skulle kunna vara uppladdningsbara så skulle de vara mindre miljövänliga, då de sannolikt inte skulle laddas upp av el från endast förnyelsebara källor. Underhållskravet för konceptet med utbytbara batterier är i sig en negativ faktor men påverkar dessutom miljön negativt.

## 2. Energifördelningsmodul

Denna modul är beroende av energiomvandlingsmodulen, då valet där föll på solpanel som är en intermittent energikälla kommer denna modul innehålla ett batteri. För att reglera spänningen in till batteriet från solpanelen behövs en spänningsfördelare. Batteriet får inte vara för stort, men samtidigt kunna ha tillräckligt kapacitet för att kunna försöka produkten med tillräckligt energi under natten. Förhållandet gäller enligt följande:

$$\sum E_{in} > \sum E_{ut} \quad (1)$$

Summan ( $\Sigma$ ) av energi in ( $E_{in}$ ) måste vara större än ( $>$ ) summan av energi ut ( $E_{ut}$ ). Efter att ha studerat tillgängligt sortiment av dessa komponenter, valdes ett laddningsbart 12 V batteri som var speciellt anpassat till solpaneler. Mer utförliga beskrivning av batteri och spänningskontrollerare finns under rubriken *4.2.3 Solpanel och spänningskontrollerare*.

## 3-5. Informations-mottagare, –hanterare och –sändare.

I gallringen för vilket system som skulle användas stod valet mellan några olika alternativ. I konceptgenereringen visade det sig att modulerna informations-mottagare, –hanterare och –sändare med fördel kunde kombineras ihop till en modul då dessa är starkt kopplade till varandra.

Vid framtagning av det vinnande konceptet undersöktes aspekter så som om den var generell utan att hållplatserna var beroende av varandra. Det var alltså önskvärt att utveckla en lösning på en hållplats som går att implementera på alla. Till detta lämpade det sig att använda en mikrokontroller som är en liten dator specialdesignad för att lösa enklare problem. De är även billiga och lätta att använda. Dessutom är programmeringsspråket lättanvänt då det liknade andra välkända programmeringsspråk såsom Java och C. Arduino har en stark användarcommunity vilket skulle leda till att om projektet stötte på ett fel eller ett problem skulle mycket konsultation finnas tillgänglig.

## 5. Informationssändare

De koncept som klarar av att uppfylla kraven i kravspecifikationen (*bilaga 5*) var olika trådlösa kommunikations-protokoll. De som diskuterades var Wi-Fi, ZigBee och GPRS(3G). Om man använde GPRS kunde en lösning som använde sig av en smartphone-applikation vara aktuell. Dock valdes detta bort då man inte sökte en lösning som ställer krav på att användaren medtager egen utrustning, utan vem som helst skulle kunna bruka systemet när som helst. Det sågs som en möjlig vidareutveckling, då det kan användas som ett komplement till en annan lösning. Så då stod det mellan Wi-Fi och ZigBee-protokollen och då valdes ZigBee för att det är energieffektivt.

## **6. Informationsvisualiserare resenär**

Då produkten är tänkt att användas på hållplatser som saknar belysning, krävs att produkten i sig är fullt synlig och tydlig för användaren även i mörker. Särskilt viktigt ansågs kravet att användaren ska kunna se vilka busslinjer som går att åka med utan att först behöva interagera med produkten. Olika sätt att lösa detta, däribland självlysande färg eller upplysta skyltar, diskuterades. Valet föll slutligen på knappar med en inbyggd ljuskälla på vilka busslinjernas nummer kan skrivas direkt, då användarens uppmärksamhet genom detta direkt dras till rätt plats. Ett krav på produkten var också att den skulle ge tydlig feedback till användaren. Inledningsvis diskuterades om detta kunde lösas med exempelvis blinkande lampor och/eller knappar. Eftersom det ställs höga krav att produkten ska kunna användas och förstås av alla resenärer, drogs dock slutsatsen att en separat skylt som tänds då stannarsignalen är aktiverad är det tydligaste alternativet.

## **7. Informationsvisualiserare förare**

Det främsta kravet på denna modul är att den ska vara tydlig i förarhyttmiljön, och inte kunna förväxlas med annan information som bussförare får från sin instrumentpanel. Den befintliga *stoppsignalen* då någon som befinner sig på bussen trycker på *stoppknappen*, ges till föraren i form av en lampa som tänds på instrumentpanelen, samt en ljudsignal. Eftersom detta redan är en etablerad *stoppsignal* som betyder ”stanna vid nästa hållplats”, valdes samma koncept även till denna modul. Avsikten är att modulen placeras i anslutning till den befintliga *stannarlampen* på instrumentpanelen, så att föraren direkt ser att bussen ska stanna vid nästa hållplats.

## 4 Produktdesign

### 4.1 Användbarhet

Då det är av största vikt att produkten är lätt att förstå och använda även för en resenär som inte har kommit i kontakt med den tidigare, genomfördes ett användartest med enkla modeller av användarpanelen för att upptäcka eventuella problem relaterade till panelen, samt validera att utformningen var funktionell och lättförståelig. Resultaten från dessa tester samt tidigare resultat användes därefter för att utforma den användarpanel som används på prototypen.

#### 4.1.1 Användartest

##### Metod

För att vidare utreda problem vid användning av produkten vid hållplatsen genomfördes ett användbarhetstest med fyra deltagare. Vid testet användes två modeller av panelen tillverkade av kapaboard, med tredimensionella knappar och en enkel representation av en display, som ”tändes” då testdeltagarna tryckte på tillhörande knapp. Modellernas utformning baserades på formspråk, funktioner och färger som redan används i bussar, detta för att få användare att känna igen sig och lättare förstå modellernas funktion, se *figur 4.1*.

Testdeltagarna, som inte hade någon tidigare vetskap om projektet, fick tre olika scenarier beskrivna för sig, och sedan interagera med modellerna. Scenarierna innefattade tre olika användningssituationer som valts utifrån de potentiella problemområden som upptäckts i den teoretiska analysen.



Figur 4.1 Fotograf av modellpaneler som användes vid användartester. Den vänstra

Efter genomförda tester ställdes ett antal kompletterande frågor samt gavs utrymme för testdeltagarna att komma med egna tankar och reflektioner angående användningssituationen och produkten.

Testerna filmades och filmerna användes för att i efterhand analysera testdeltagarnas agerande och synpunkter. Testdeltagarna ombads tänka högt under tiden de genomförde scenarierna, för att underlätta efterföljande analys.

## Resultat

Uppgift /Testdeltagare	Uppmärksamma produkt	Trycka på rätt knapp	Ångra (en knapp)	Ångra (två knappar)	Nästa tur
Testdeltagare 1	0	1	0	0	1
Testdeltagare 2	0	1	1	1	1
Testdeltagare 3	0	1	1	1	1
Testdeltagare 4	1	1	1	1	1

Tabell 4.1: Resultat från användartest. 1 i tabellen innebär att testdeltagaren genomförde uppgiften korrekt, 0 innebär att deltagaren misslyckades med att genomföra uppgiften.

Resultatet från användartestet går att avläsa i Tabell 4.1, där kolumnerna visar uppgifter som testpersonerna fick utföra. Varje rad i tabellen är en testperson och om den klarade att utföra uppgiften korrekt visas det i tabellen som en 1:a, misslyckades de visas det som en 0:a.

Resultaten från testerna bekräftar att ett av de största problemen med produkten kan antas vara att leda brukarens uppmärksamhet till den och tydligt signalera hur den är tänkt att användas. Endast en av testdeltagarna började självmant trycka på knapparna på modellerna. Detta kan dock delvis antas bero på att modellerna med sitt enkla utförande skilde sig markant från den tänkta produkten. Modellerna saknade de lysande knappar som slutprodukten har, och detta bör påverka hur den uppfattas av användarna. Samtliga testdeltagare använde modellen korrekt då de hade förstått att den hade knappar.

En funktion som bedömts som ett potentiellt problem i den föregående teoretiska analysen, var att återställa ett feltryck. Detta testades på två olika sätt; på en av modellerna fanns en särskild *ångraknapp* med ett rött kryss, på den andra kunde ett felval återställas genom att användaren tryckte en gång till på knappen med linjenummer. Tre av fyra testdeltagare provade självmant att trycka på samma knapp igen för att återställa ett felaktigt val. Samma resultat fick modellen med en särskild *ångraknapp*.

Två av testdeltagarna uttryckte att de förväntade sig att information om när bussen skulle komma skulle visas i displayfönstret då de tryckte på knappen. En av dessa uppgav att det skulle vara mer uppenbart att det inte var en sådan informationsskylt, om ”Stannar”-texten syntes svagt även då skylten var släckt. Detta stämmer överens med hur prototypen är tänkt att fungera.

Testdeltagarna tillfrågades hur troligt det var att de skulle lägga märke till förändringar vid den hållplats där de brukar åka. Tre av fyra uppgav att de bedömde det som mycket troligt. Vad gäller placeringen av produkten för bästa synlighet ansåg samtliga testdeltagare att den för att vara så uppenbar som möjligt bör placeras i anslutning till busskur eller skylt – ”*där den representerar hållplatsen bäst*”.

Tre av de fyra testdeltagarna uppgav att de skulle känna sig relativt säkra eller mycket säkra på att bussen skulle stanna, när de hade tryckt på knappen och *stannarskylten* hade tänts. Detta bekräftar antagandet att användningen av samma typ av skylt som de flesta är vana att se i anslutning till bussresor, bidrar till en känsla av säkerhet hos användarna; ”*Det här liknar ju också hur det ser ut i vissa bussar, det ger ju [...] en känsla av trygghet*”. En av deltagarna uppgav att denne skulle känna en viss osäkerhet vid första användningstillfället; ”*[...] hade jag nog inte varit så säker på att det skulle funka, om jag inte hade testat det innan*”.

#### 4.1.2 Utformning av användarpanel

Utformningen av den slutliga användarpanelen för prototypen baserades på resultaten från den teoretiska analysen samt användartesterna. Hänsyn fick också tas till de komponenter och material som fanns i detaljhandel, då projektet måste använda sig av befintliga komponenter och inte har möjlighet att specialtillverka några delar.



Figur 4.2 Skiss av prototypens användarpanel. Här visas de olika knapparna, skyltar och informationsdekal som finns på produkten.

Fokus lades på att utforma panelen så att den stämmer överens med användarens mentala modeller av bussresande, så att användaren känner igen sig och därmed lättare förstår och kan känna sig trygg med att använda produkten. De röda *stoppknapparna* med en gul bakgrund påminner om de *stoppknappar* som finns på bussarna och som används för att signalera att man vill att bussen ska stanna vid nästa hållplats, se *figur 4.2*. *Stoppknapparna* innehåller dioder och lyser kontinuerligt, detta för att säkerställa produktens synlighet samt göra det möjligt för användare att läsa av vilka busslinjer som kan stoppas, även i mörker och utan ytterligare belysning.

*Stannarskyltarna* som indikerar att stoppsignalen har tagits emot är också något som redan finns på bussar i linjetrafik, och som deltagarna i användartestet upplevde som en tydlig signal på att bussen skulle stanna. Vikt lades vid att texten på skyltarna ska synas svagt även i släckt tillstånd, eftersom det framkom i användartesterna att detta var önskvärt för att minimera risken för feltolkning. Skyltarna lysas upp bakifrån med en lysdiod då de aktiveras, vilket gör att de är lätta att läsa av även i mörker.

Att *stoppknapparna* samt *stannarskyltarna* baseras på ljus har sannolikt effekten att det blir tydligare för användaren när produkten är ur funktion. En användare som har använt produkten tidigare kommer direkt att se att produkten inte fungerar om *stoppknapparna* är släckta. Även för en användare som aldrig sett produkten tidigare bör det framgå att *stannarskyltarna* är ämnade att tändas, så att användaren kan dra slutsatsen att produkten inte fungerar om dessa inte tänds då knappen trycks ner.

Valet att ha separata *ångraknappar* baserades på tydlighet. I användartestet framkom att panelen med separata *ångraknappar* upplevdes som något tydligare än panelen utan, även om de flesta av testdeltagarna förstod hur båda panelerna skulle användas utan instruktioner. *Ångraknapparna* har i prototypen ingen belysning, men kryssen som symboliserar "Ångra" är gjorda i färg som reflekterar det röda skenet från *stoppknapparna*, och därmed syns knapparna i mörker utan ytterligare belysning. Ett alternativt utförande vore att *ångraknapparna* hade egen belysning som tändes då *stoppknappen* trycktes in. Detta var dock inte tekniskt möjligt att lösa för prototypen med de begränsningar projektet arbetade med.

Plats för en informationsdekal med användningsinstruktioner i text och bilder placerades längst upp på panelen, eftersom det är mest sannolikt att en användare som inte är bekant med produkten sedan tidigare börjar titta där. Knapparna och tillhörande *stannarskyltar* grupperades vertikalt efter funktion och horisontellt efter busslinje. Panelen där dessa funktionsbärande komponenter är placerade markerades med en färg som avviker något från produktens färg i övrigt. Detta för att markera att det är här användaren ska interagera med produkten.

Eftersom prototypen riktas mot Västtrafik anpassades utformningen efter Västtrafiks etablerade formspråk och färgval. Om produkten introduceras i andra trafikområden kan dock utformningen lätt anpassas för att spegla andra trafikföretags formspråk.

### 4.1.3 Utformning av bussmodul

I intervju med bussföraren framkom att förarhytten är en visuellt intensiv miljö med många synintryck från instrument och lampor som ständigt ska tolkas. Föraren



beskrev detta som att ”Det är ju rena cockpiten där nu”. Detta innebär att det främsta kravet som ställs på den modul som ska tala om för föraren att det finns en resenär vid nästa hållplats, är att den är lätt att tolka och inte lägger ytterligare belastning på förarens kognitiva resurser.

Stoppssignalen då någon ombord på bussen har tryckt på *stoppknappen*, visualiseras för föraren i form av en röd lampa som tänds på instrumentpanelen. För att dra nytta av att denna lampa redan innebär en väletablerad signal att bussen ska stanna vid nästa hållplats, bör även stoppsignalen från en hållplats visualiseras på samma sätt. Det alternativ som används till prototypen är en röd lampa som tänds med fast sken, där övriga komponenter är dolda i en svart låda för att inte avleda uppmärksamhet.

Om produkten implementeras är det dock optimalt att integrera stoppsignalen från hållplatsen i den befintliga lampan, så att samma lampa alltid signalerar att bussen ska stanna vid nästa hållplats, oavsett om signalen kommer från en resenär ombord på bussen som har tryckt på *stoppknappen*, eller om signalen kommer från en resenär som befinner sig på en hållplats.

## 4.2 Teknisk design

I den tekniska designen skall en överblick av vad som händer rent tekniskt kopplas samman med vad användaren ser på utsidan. Bryggan mellan dessa två delar är händelseförloppet. De tekniska detaljerna presenteras med uppdelningen mjukvara, hårdvara, kretsschema och komponentlista.

### 4.2.1 Händelseförlopp

Händelseförloppet är bryggan mellan vad användaren på hållplatsen och föraren i bussen ser och gör och vad som händer tekniskt till följd. Detaljerna i de tekniska komponenterna och programmeringen bakom händelseförloppet presenteras i kapitel 4.2.4 *Mjukvara*.

-Resenären anländer till hållplatsen, då lyser alla *stoppknappar* och eventuellt de *stannarlampor* som aktiverats av en annan resenär.

-Resenären trycker på den *stoppknapp* som motsvarar den busslinje som personen vill resa med. Alternativt kan även knappen nästa tur väljas. När knappen trycks ner sluts en strömbrytare momentant. Det ger två insignaler till mikrokontrollern på hållplatsen, vilken nedan benämns mikrokontroller(hp). Den första väcker mikrokontroller(hp) som varit i sleepmode innan. Den andra är insignalen för den linje som valts. När mikrokontrollern(hp) får dessa insignaler börjar den sända ut radiosignaler till ankommande bussar. Olika radiosignaler sänds ut beroende på vilken linje som valts. Mikrokontroller(hp) tänder även *stannarlampan* för den linje som resenären valt alternativt den *stannarlampa* som motsvarar nästa tur.

-När en buss närmar sig hållplatsen tar mikrokontrollern i bussen, nedan benämnd mikrokontroller(b), emot radiosignalerna från mikrokontroller(hp). Om radiosignalen är den signal som motsvarar den aktuella bussen tänder mikrokontroller(b) *busslampan*. Då vet föraren att bussen skall stanna på nästa hållplats, för det finns en

resenär som vill åka med. Om signalen inte stämmer överens med den aktuella bussen kan bussen åka förbi hållplatsen om inte det finns någon passagerare på bussen som skall gå av. Om nästa tur är vald av resenären tar alla inkommande bussar emot radiosignalen och stannar på hållplatsen.

-När bussen kommer till hållplatsen och öppnar dörrarna för att släppa på passagerare, skickas en signal till mikrokontroller(b) som släcker *busslampan* i bussen. Mikrokontroll(b) skickar en radiosignal till mikrokontroller(hp) som tas emot. Därefter släcker mikrokontroller(hp) *stannarlampan* och slutar att skicka ut radiosignaler till den linje vars buss precis är på busshållplatsen.

- Om resenären trycker på *ångraknappen* för en linje där *stoppknappen* tidigare blivit tryckt på, sluts en strömbrytare momentant och en insignal kommer in till mikrokontroller(hp). Mikrokontroller(hp) släcker då *stannarlampan* och slutar att skicka ut radiosignaler mot inkommande bussar.

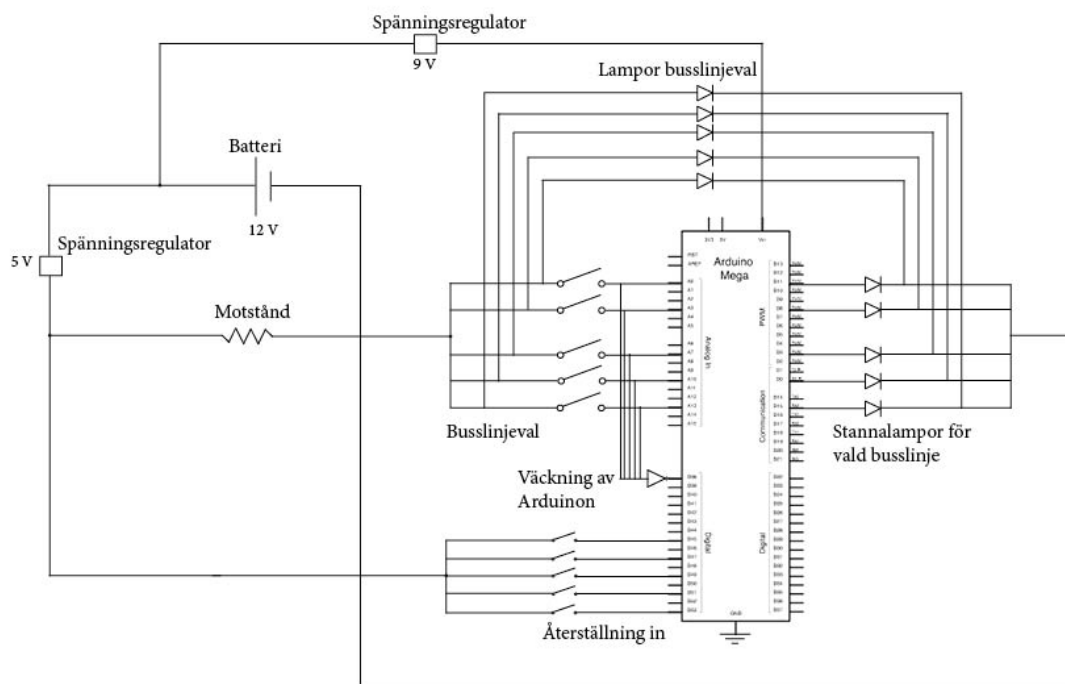
#### 4.2.2 Kopplingsschema

Elektroniken inuti hållplatsenheten är uppbyggd av tryckströmställare som ger signaler in till en mikrokontroller som i sin tur tänder andra lysdioder samtidigt som den sänder ut radiosignal till vald buss. Hela systemet, se *figur 4.3*, försörjs av ett 12V batteri som laddas upp av solpanelen med tillhörande spänningskontrollerare, mer om dem i avsnitt *4.2.3 Solpanel och spänningskontrollerare*. Mikrokontrollern behöver 5V som insignal så därför behövs spänningsregulatorer. Detta är ett fungerande system för demonstration av funktioner men i en färdig produkt kan fler komponenter som stabiliserar upp ström och spänning användas.

Elkretsen är uppbyggd av följande komponenter:

- Belysta momentana tryckströmställare (Knapp för busslinjeval)
- Momentana tryckströmställare (Knapp för återställning)
- Lysdioder (Tänder stannaskylt)
- Mikrokontroller (Databehandlare av typen Arduino Mega 2560)
- 12 V Batteri (Förser systemet med energi)
- Spänningsregulatorer (För att få rätt spänning in i mikrokontrollern)
- Inverterare (En signal behöver inverteras för att passa mikrokontrollern)
- Motstånd (Reglerar strömstyrkan till mikrokontroller)





Figur 4.3 Kopplingsschema över elektroniken inne i hållplatsenheten. 12 volts batteriet försörjer både Arduinon och de 5 busslinjer som finns möjliga. Busslinjevalet är en omkopplare som är konstant belyst. När man trycker på den momentana knappen sluts kretsen och en ström skickas dels in i en port som väcker Arduinon och dels i en port som ger information om vilken busslinje som valts. Samtidigt som Arduinon börjar sända ut information till vald busslinje så skickar den ut en elektrisk signal som tändar en stannalampa på panelen som fungerar som återkoppling för användare. Ut från batteriet finns också en separat krets som kan återställa val av varje busslinje för sig. I kopplingsschemat är inte kopplingar in till Arduinons portar samma som på prototypen, utan de har placerats så att de tydligt kan illustrera koppling.

#### 4.2.3 Solpanel och spänningskontrollerare

Många hållplatser på landsbygden saknar tillgång till elnät. En solpanel laddar upp ett batteri som i sin tur försörjer hållplatsenheten med energi. Solenergi är en intermittent energikälla, det vill säga en energikälla som inte är konstant. Därför försörjer inte solpanelen batteriet med en jämn spänning, därav behövs en komponent som kontrollerar spänningen och gör den konstant, en spänningskontrollerare. Denna komponent är speciellt avsedd för solpaneler och ser till att spänningen alltid är 12V, trots att solpanelen ger en spänning på över 20V i direkt solljus. Detta görs för att batteriet behöver förses med en konstant spänning. I kretsen så varierar strömmen med hur mycket solljus som träffar solpanelen. Batteriet laddas då olika mycket. Dock så kommer en jämn ström ut från batteriet. Effekten från solpanelen varierar mellan 0-8W beroende på ljuset. Hållplatsenheten använder en konstant effekt på under 0.5W och något mer då mikrokontrollern är aktiv och skickar ut signaler.

#### 4.2.4 Mjukvara

Mjukvaran till mikrokontrollern består av två program, ett som körs i på hållplatsen och ett annat som körs i fordonet. Först kommer en förklaring på hur proceduren ser ut på hållplatsen. För förklaring till mjukvaran som körs i hållplatsen finns ett flödesschema i *bilaga 6*. För den faktiska koden se *bilaga 7*.

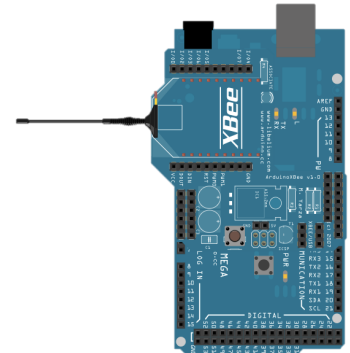
- *Användaren trycker på en stoppknapp.*  
Mikrokontroller befinner sig i ett sovande tillstånd för att spara ström. Den vaknar när en knapp för att stanna en linje trycks ned. Då skickas en signal till två ingångar på mikrokontrollern, den ena för att väcka den ur det sovande tillståndet och den andra med vilken linje som ska åberopas.
- *Arduinon har läst av en port som "aktiverad".*  
När Arduinon har registrerat att en pin blivit aktiverad, då registreras det och sparas undan i programmet. En nedräknarvariabel, `timesToPing`, sätts för den linjen som önskas att stoppas. Sedan anropas rutinen `"startPing()"` som är huvudrutinen för anropen till fordonet.
- *Anropet.*  
Programflödet därefter blir att så länge `timesToPing` är större än noll så anropas `"aCall()"` som är anropet till fordonen. Den skickar ut en radiosignal till alla linjer som registrerats att de önskas stoppa, om en signal skickas ut för en linje så minskas den överensstämmande indexet i `timesToPing` ett steg för den linjen. Meddelandet består för enkelhetens skull av siffran för den linjen man önskar stanna. Det vill säga, vill man stoppa linje 52 så skickas meddelandet `"52"` ut från transcievern.
- *Stanna fler linjer?*  
Då Arduinon bara har en processorkärna att utföra beräkningar på så måste all parallellitet ske "pseudo-parallellt". Pseudo-parallellt är ett begrepp där man får programmet att se ut som det sker parallellt men i själva verket är det sekventiellt. Därför sker, efter varje anrop till ett fordon, en koll om någon trycker på en knapp, genom anropet till `"refresh()"`-rutinen. Detta är en ineffektiv modell för program som har höga krav på reaktionstider, men då en "mänsklig" knapptryckning tar ganska lång tid relativt tiden det tar att utföra hela programflödet så fungerar detta utmärkt för denna lösningen.
- *När samtliga index i timesToPing är 0.*  
När programmet har fått slut på anrop så återgår programmet till det sovande tillståndet för att spara på batteriet.

Sedan kommer förklaringen för program-proceduren på ett fordon. Den kan förklaras med ett steg.

- *Lyssna efter signal.*  
 Programmet ligger i en ständig loop och lyssnar efter meddelandet som representerar linjen. Om den får in ett meddelande så hoppar den till ett tillstånd där den tänds en lampa i bussen.  
 När den får en återställningssignal så släcker den lampan, tömmer meddelande-bufferten och sedan går den tillbaka till att lyssna efter meddelanden igen.

#### 4.2.5 Kommunikationsenhet

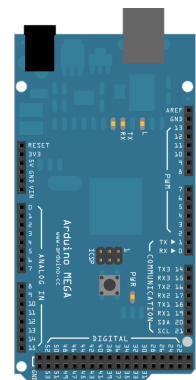
Hårdvaran består utav två likadana moduler, med en uppsättning av tre komponenter. De tre komponenterna är en Arduino Mega 2560 R3, på den sitter en Arduino XBee Shield och ovanpå den sitter en XBee PRO S2. En överblicksbild på enheten kan ses visualiserad i *figur 4.4*. Nedan finns en mer utförlig beskrivning utav samtliga komponenterna var för sig.



*Figur 4.4 Illustration av mikrokontrollern med dess tillbehör monterade sedd ovanifrån.*

#### Arduino Mega 2560 R3

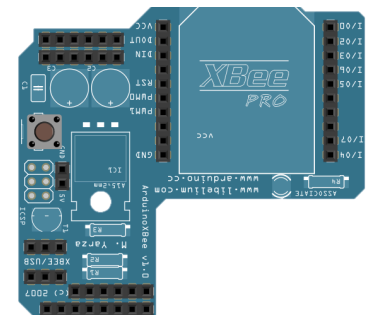
Den första komponenten är en mikrokontroller utvecklad på open-source plattformen Arduino. Det valdes för lättare debuggning utav mjukvaran under utveckling, för själva slutprodukten hade ett billigare alternativ dugt lika väl. Denna komponenten är den "tänkande" enheten. Det är den som lagrar programmet, läser insignalerna som skickas till ingångarna och skriver till utgångarna. En överblicksbild på komponenten kan ses i *figur 4.5*.



*Figur 4.5 Mikrokontrollern Arduino MEGA 2560 som användes i projektet.*

#### Arduino XBee Shield

XBee-shielden är skapt i ett samarbete mellan Arduino och ett företag vid namn Libelium. Kretskortet fungerar som en brygga mellan en Arduino och en XBee-transciever så de kan kommunicera med varandra. En överblicksbild på komponenten kan ses i *figur 4.6*.



*Figur 4.6 XBee Shield PRO. Fungerar som mellanled mellan mikrokontrollern och radioenheten.*

### **XBee PRO S2**

Den sista komponenten är en transceiver, en radiosändare/mottagare från Digi International som använder sig av ZigBee-protokollet för att kommunicera. Dessa tre komponenter är tänkta att finnas både i hållplatsen och i fordonet, men med olika arbetsprocedurer. En överblicksbild på komponenten kan ses i *figur 4.7*.



*Figur 4.7 Radioenheten XBee, den skickar och tar emot information*

### **4.2.6 Komponentlista**

Nedan listas komponenter som hela prototypen är uppbyggd av. Som tidigare nämnt är vissa komponenter överdimensionerade för en färdig produkt och alla uppfyller inte kraven helt, men till prototypen är egenskaperna fullgoda.

- 12V blybatteri, UP-RWA1232P2 (Obs, tål ej under -15° och uppfyller inte kraven för färdig produkt)
- 8W/17.5V Solpanel, MC-SP8.0-GCS, 0.46 A
- 12V Batteriladdare för solpanel, CMP-10A
- Elektronikkomponenter, specificeras i avsnitt *4.2.2 Kopplingsschema*
- Mikrokontroller, Arduino MEGA 2560 R3, datahanterare
- Mellanledskomponent, Arduino XBee Shield, mellanled mellan XBee-radio och mikrokontroller
- Radiosändare/mottagare, XBee Pro S2

## 5 Validering

För att bekräfta att prototypen fungerar som förväntat gjordes tester på de två mest fundamentala egenskaperna för produkten, användarvänlighet och radiokommunikation.

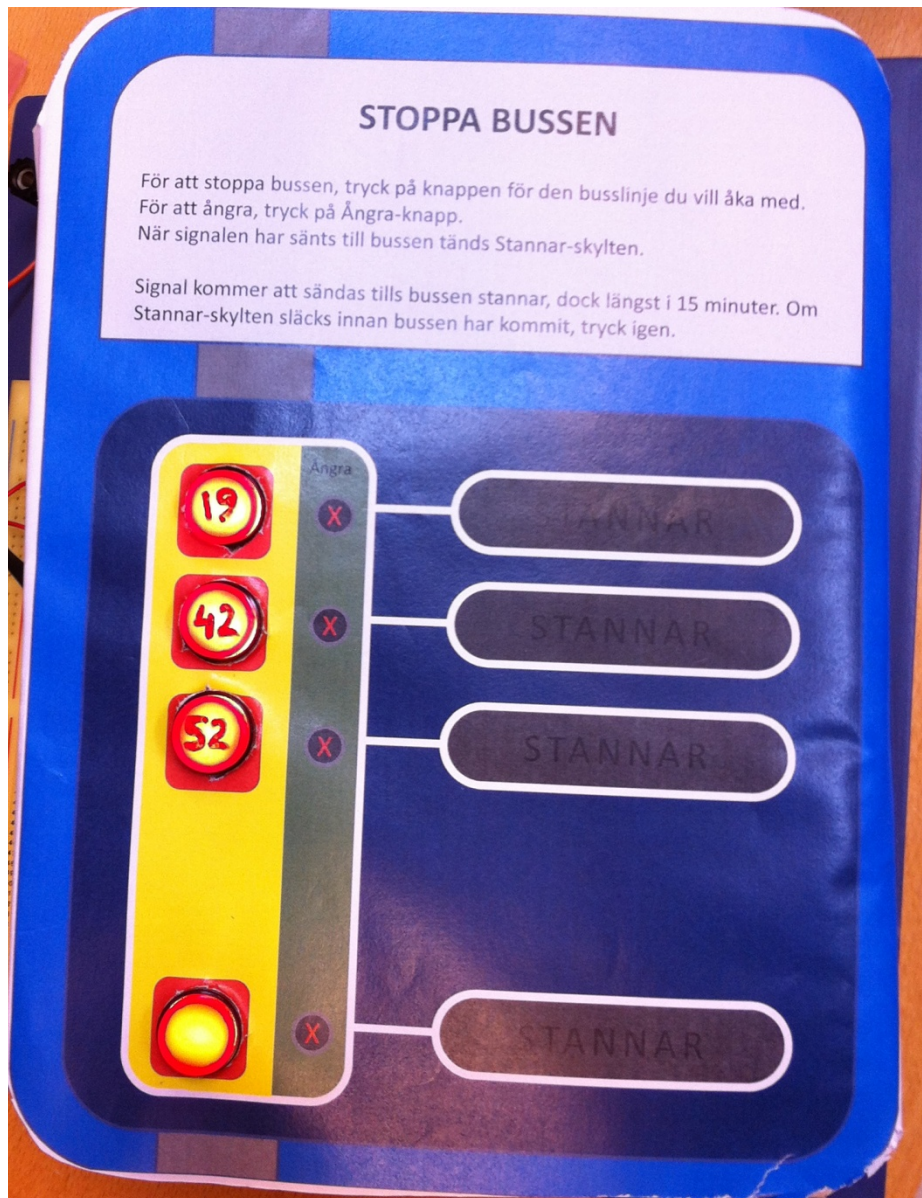
### 5.1 Användartest

#### Metod

Att resenärer på hållplatsen förstår att och hur de ska använda produkten är vitalt, därför placerades en enkel representation av användarpanelen ut på en hållplats utan att någon resenär informerats i förväg. Tre olika parametrar i användarvänligheten kontrollerades. För det första om personen uppmärksammade och förstod att den skulle användas till att stoppa bussen. Efter det kontrollerades om testpersonerna använde produkten på rätt sätt, det vill säga om de tryckte på *stoppknappen* till den buss som de vill åka med. De personer som inte självmant använde sig av produkten vid första tillfället gjordes uppmärksam av testledning på att det fanns en ny produkt på hållplatsen. Efter att testpersonerna gjort sitt val blev de tillfrågade om hur de skulle göra om de hade valt fel buss.

#### Resultat

Resultaten av testerna bekräftar de farhågor som presenterats tidigare om att det inte är självklart för en resenär på hållplatsen att interagera med en ny produkt. I de första användartesterna var ett problem att testpersonerna inte förstod att det var tryckbara knappar på användargränssnittet. Det gjorde att en stor del av testpersonerna i de första testerna (*kap. 4.1.1*) inte förstod hur produkten skulle användas. I valideringstesten hade denna felkälla eliminerats, då riktiga lysande knappar användes i representationen av produkten. Detta gjorde, vilket framgår ur *tabell 5.1*, att alla testpersonerna valde att trycka på rätt knappar både för att stoppa önskad busslinje och för att ångra sitt val. I *figur 5.1* kan den representation som användes i testerna studeras och eventuellt jämföras med *figur 4.1* i produktdesign som användes i de första användartesterna.



Figur 5.1. Fotografi av representation som användes vid användartestet. Busslinjerna 19, 42 och 52 trafikerade busshållplatsen.



Testperson	Uppmärksammade	Valde rätt	Kunde ångra
1	1	1	1
2	1	1	1
3	0	1	1
4	0	1	1
5	0	1	1
6	1	1	1
7	1	1	1
8	1	1	1
9	0	1	1
10	1	1	1
<b>Andel</b>	<b>0,6</b>	<b>1</b>	<b>1</b>

Tabell 5.1: För att validera att användarvänligheten är god och att resenärer förstår hur det ska användas produkten, gjordes tester på en problemhållplats. Resultatet av testerna finns i testprotokollet ovan, utifrån tre olika parametrar. En "1" i formuläret betyder att testpersonen lyckades utföra det ovanstående påståendet. En "0" betyder att testpersonen inte gjorde rätt.

## 5.2 Kommunikationstest

### Metod

För att produkten skall vara funktionell är det av största vikt att radiokommunikationen mellan hållplats och buss fungerar på de hållplatser som identifierats som *problemhållplatser*. För att validera detta utfördes tester först inomhus och på kortare sträckor och efter det på de olika typerna av *problemhållplatser*. Fyra olika parametrar kontrollerades. Den första parametern som kontrollerades var om radiokontakten mellan hållplatsen och bussen kunde etableras vilket bekräftas av att *busslampan* tändes. I testerna användes två mikrokontrollerenheter, den första var fast stationerad på problemhållplatsen och sände ut *stannarsignaler*. Den andra mikrokontrollerenheten var placerad i en bil och motsvarade den enhet som i slutprodukten kommer att finnas i bussen. Hållplatsen närmades sen med bilen på samma väg och hastighet som bussen normalt kör i. Den andra parametern; avståndet från där bilen befann sig när *busslampan* tändes till hållplatsen mättes med hjälp av en färddator på bilen. Den tredje parametern var om radiokontakten upprättades före eller efter det var möjligt för föraren att avgöra om det fanns en väntande resenär på hållplatsen. Den fjärde och sista parametern som kontrollerades, var om det var möjligt för bussen att göra en mjuk inbromsning in på hållplatsen, vilket testades genom att bilen bromsade in och stannade på hållplatsen. Resultatet av dessa tester finns i *tabell 5.2*.

### Resultat

Resultaten som redovisas i *tabell 5.2* visar hur väl prototypen klarar av att signalera bussen vid olika sorters problemhållplatser. Till och börja med kan det konstateras att

radiokontakten etablerades vid alla problemhållplatserna. Sträckan fram till hållplatsen då signalen nådde fram varierar med de olika problemhållplatserna mellan 100 och 250 meter. Den hållplats som där radiosignalerna hade sämst räckvidd var det ett stort berg som skärmade bort signalerna från bussen, ändå var det inga problem att göra en mjuk inbromsning på hållplatsen då hastigheten endast var 50km/h. På problemhållplatsen med 90km/h som hastighetsbegränsning var vikten av att busslampan tändes i god tid innan hållplatsen som stort, då bromssträckan är längre i högre hastigheter. Då inga hinder fanns i närheten av denna hållplats nådde signalerna fram 250m innan hållplatsen och en mjuk inbromsning in på hållplatsen kunde göras. Problem kan uppstå om det är en hållplats med 90km/h som hastighetsbegränsning och hinder finns i närheten av hållplatsen, då kan den tillsatsmodul som beskrivs i 7.2 *Vidareutvecklingar* behöva användas för att skapa ett meshnät.

I alla tester och på alla hållplatser nådde radiosignalerna fram och tände *busslampan* innan det var möjligt att avgöra visuellt om det fanns en resenär som väntade på hållplatsen.

Problemhållplats	Radio kontakt	När (m)	Före eller efter visuell kontakt	Tvärbromsning
Högerkurva	JA	200	Före	Nej
90 väg	JA	250	Före	Nej
skymd sikt	JA	250	Före	Nej
Mörker+dåligt upplyst	JA	250	Före	Nej
Avfart från huvudled	JA	200	Före	Nej
Solitt hinder	JA	100	Något före	Nej

*Tabell 5.2: För att validera att radiosignalerna kan etablera kontakt i god tid mellan busshållplatsen och bussen vid problemhållplatser genomfördes tester. Resultatet av dessa tester kan avläsas i testprotokollet ovan.*



## 6 Diskussion

Nedan diskuteras för- och nackdelar med projektet, möjliga konsekvenser vid implementering av produkten, marknadsmässig konkurrenskraft hos produkten samt utvecklingsmöjligheter för tekniken på andra marknader.

### 6.1 Kontext

Man kan ifrågasätta på hur många hållplatser problemet är stort nog för att behöva upprätta ett helt system för att lösa det. Man kan också ifrågasätta om lösningen behöver vara mer komplicerad än att resenären själv tar med sig en reflex. Dock så har det visat sig från fältstudierna att *problemhållplatserna* har olika karaktär och att en reflex inte fungerar på vissa utav dem. På en typ av *problemhållplats* hade det varit tillräckligt med en lampa som tänds som signal och på andra hade en annan lösning kunnat användas. Dock så påpekades det i syftet att det ska vara en generell lösning som fungerar på alla hållplatser. Detta är något som projektgruppen själva valde.

Positiva följder och effekter som skulle komma om produkten installeras och används som tänkt är framför allt att säkerställa för en passagerare att komma med önskad buss, att aldrig bli frånåkt. Andra följder är att bussarna kan spara mycket tid då de inte behöver stanna och se efter om det är någon resenär som vill med. Detta skulle spara speciellt mycket tid vid avfartshållplatser där bussen ibland får stå och vänta på passerande trafik för att svänga ut på huvudvägen igen. Det skulle också leda till en jämnare rytm i trafiken då bussen inte behöver svänga av lika ofta som tidigare. Sen kommer hastiga inbromsningar minska då bussföraren inte behöver se resenär vid hållplats. I och med att det skulle bli färre stopp för bussen skulle det också bli färre accelerationer. Det skulle med andra ord bli en jämnare körning.

Att bussföraren får informationen tidigare gör att de kan planera inbromsningen tidigare och skapa en jämnare rytm i trafiken samtidigt som de skulle minska förslitning på fordon. På samma sätt minskar bränsleförbrukningen då bussföraren kan köra mer enligt EcoDrive-principer (Sveriges Trafikskolors Riksförbund, 2011). När bränsleförbrukningen minskar är det direkt kopplat till att utsläppen av koldioxid minskar. Även om varje enskilt tillfälle ger liten effekt ska man ta till beaktning att bara Västtrafik kör sammanlagt 37 500 mil under ett normaldygn. Användandet av en sådan här produkt skulle göra kollektivtrafiken snabbare och mer pålitlig. Det skulle antagligen leda till att fler valde att åka kollektivt istället för att ta bilen och därmed skulle produkten påverka koldioxidutsläpp i ett större perspektiv.

Att spara tid genom att inte behöva åka in på hållplatser är önskvärt i en pressad tidtabell. Vad som inte är önskvärt vore om det sparade in för mycket tid så att bussen passerar hållplatser innan förutsatt tid i tidtabellen. Det skulle vara ett större problem än om bussen anländer något sent då det är bättre att komma fram sent än att missa bussen.

Fungerar lösningen på alla slags hållplatser? Både ja och nej. Nej i den hänsyn att produkten själv inte kan lösa två typer av hållplatser, dels avfartshållplatser där avfarten är längre bort än radiosignalens räckvidd (ca 300m) och dels vid skarpa svängar eller krön med solida hinder då radiosignalen inte kan gå genom dessa. Bägge

fall går dock att lösa med en tillsatsmodul som skapar ett meshnät av radiosignaler. Detta är en vidareutveckling av produkten som finns beskriven i kapitel 7 vidareutveckling. Det är helt enkelt en mottagar/sändar-modul som man gör till mellanled och därmed kan komma längre eller förbi krön. Vid avfartshållplatser som har en alltför lång avfart kan det bli problem med att resenärer inte hinner komma till hållplatsen innan bussen skulle svängt av. För att beräkna hur lång avfart det gäller använder Västtrafik själva 2 minuter som minsta bytestid i deras reseplanerare (Västtrafik, 2012). Produkten bör alltså inte installeras vid avfartshållplatser där avfarten tar längre tid än 2 minuter att köra utan stopp.

Ett problem som kan uppstå är att bussen får en *stannasignal* efter att den har passerat busshållplats. Detta händer om användare trycker in *stoppknapp* efter att bussen har passerat men den är fortfarande så pass nära att mikrokontrollern kan fånga upp en signal. Prototypens antenn sänder ut signalen 360° och bussen kan alltså fånga upp signalen lika långt efter busshållplats som innan, ca 300 meter. Bussen får då signal och kan inte skilja på vilken hållplats signalen kommer ifrån och bussföraren får då köra in på nästkommande busshållplats för ett möjligtvis onödigt stopp. Detta är en brist i prototypen som kan förbättras i en färdig produkt genom att ha riktade antenner. Problemet elimineras dock inte helt men sträckan som bussen kan fånga upp signalen då den kört förbi hållplatsen minskas markant. Sträckan minskas så pass mycket att sannolikheten att en användare ska trycka in *stoppknapp* i detta tillfälle är mycket liten.

## 6.2 Produkt

Energiförsörjning och energiförbrukning har ett förhållande till varandra enligt formel (1), summan av energin in måste vara större än summan av energi ut. Många val i urvalsprocessen gjordes på grunden att energieffektivitet eftersträvades. Prototypen har låg energiförbrukning men den har inte optimerats fullt ut. Därav har även energiförsörjningssystemet med solpanel och batteri överdimensionerats. Att dessa delar inte har optimerats motiveras med att huvudsyftet med prototypen är att demonstrera tänkta funktioner.

Om man jämför produkten med den liknande produkten BussLED som nämns i *XX Befintliga koncept*, är den framtagna produkten en effektivare och mer generell lösning. Tag till beaktning att BussLED finns installerade på 78 st hållplatser runt Kalmar och styckpris per enhet är 5000:-. Västtrafik har ca 21000 hållplatser och investerar mycket i att förbättra dagens kollektivtrafik, de letar ständigt efter nya lösningar som förenklar resandet. Från förstudien uppskattas att ca 1000 enheter kan vara aktuella för Västtrafik. Prototypen har kostat ca 5000:- att bygga men skulle man tillverka flera enheter och optimera dimensioner och energiförbrukning skulle tillverkningspriset uppskattningsvis hamna mellan 1000:- till 2000:-. Detta är en grov uppskattning där man antagit att man kan hitta ett bättre pris på tryckknappar som varit en komponent på prototypen som kostat mycket. Andra antaganden är att när man väl har utvecklat ett fungerande system programmeringsmässigt så behöver man inte använda sig av Arduino Mega 2560 eftersom den användes för dess kodningsegenskaper. När mjukvaran är framtagen kan ett markant billigare alternativ användas som endast kan utföra precis det mjukvaran anvisar den att göra. Solpanelen

och batteriet är överdimensionerat hos prototypen så där beräknas kostnaden bli lägre också.

För att få fram ett riktpreis på produkten har man räknat med priset för enheten på busshållplatsen plus en mottagarstation på buss. Där kan man tycka att man bör räkna med fyra stycken mottagarenheter på buss då produkten avser att klara fyra stycken linjer men antagligen trafikerar en buss som har en mottagarenhet fler än en *problemhållplats* då relationen mellan hållplats och buss är 21000 hållplatser mot 2775 fordon, det är alltså högt räknat. Installationskostnader, tillverkningskostnader och underhållskostnader har inte tagits till beräkningarna. Ett materialpris på 1000-2000:- har därmed tagits fram. På så sätt är produkten stark marknadsmässigt och kan ställa sig mot sina konkurrenter.

### 6.3 Användare

Den största utmaningen med projektet är att konceptet är beroende av att alla resenärer använder produkten på de hållplatser de finns. Hela lösningen är byggd på förtroende för produkten. Om en resenär inte använder produkten stannar inte heller bussen och resenären som blir frånvakt tappar förtroende för systemet. Skulle bussföraren se resenären som vill åka med men utan att ha fått signal skulle bussföraren tappa förtroende för produkten. På detta sätt är produkten känslig och beroende av att alla använder den.

Potentiella problem med interaktionen produkt-användare har identifierats till tre fall. Först och främst vikten i att användaren måste uppmärksamma produkten och förstå hur den ska anropa rätt buss korrekt. Misslyckas detta kan produkten skapa nya problem istället för att lösa befintliga. Skulle användaren lyckas använda *stannaknappar* men missförstå *återställningsknappar* skulle produkten kunna orsaka fler onödiga busstopp istället för att minska antalet sådana. Skulle slutligen produkten vara ur funktion utan att användaren noterat detta kan det leda till att bussen kör förbi hållplatsen utan att stanna. Användaren kommer då inte med önskat fordon. Syftet med produkten har då misslyckats i alla tre fall. Under projektets gång har dessa tre problematiska fall varit en central del och lösningar som minimerar risken att dessa inträffar har tagits fram. Användartest har utförts för att bekräfta att produkten inte kan missförstås, med tillfredställande resultat. Skulle resultatet av testerna visa sig felaktiga kan produkten alltså stjälpa mer än den hjälper.

Om västrafik skulle införskaffa produkten rekommenderas att de gör en stor kampanj innan eller i samband med enheterna installeras för att de inte ska missas då det tidigare nämnda beroendet att alla använder den finns. De bör också ha en inlärningsperiod där bussförare är beredda på att resenärer inte har tryckt men vill åka med bussen ändå. När resenär sedan kliver på bussen får de berättat för sig att i framtiden krävs ett knapptryck. Detta för att undvika att de missar att använda produkten i ”skarpt läge”.

## 6.4 Ytterligare användningsområden

Den teknik som tillämpats i detta projekt kan användas även i andra tillämpningar, dels i andra typer av kollektivtrafik men också för att koordinera samåkning. För att applicera tekniken i spårvagns- och färjetrafik behövs minimala om ens några ändringar alls. För spårvagnslinjerna är det frågan om det finns några hållplatser som är *problemhållplatser*, alla har fast elnät, är upplysta och väntande resenärer upptäcks lätt av föraren. Dock kan det finnas en poäng i att föraren vet om att det finns en väntande resenär, så att föraren kan anpassa sin körning och eventuellt inte stanna helt på hållplatsen.

I färjetrafiken är problemet inte att resenärer riskerar att bli frånåkt för att färjan inte stannar på hållplatsen. Här finns dock mycket tid att spara, om kaptenen på färjan inte behöver lägga till på en hållplats om ingen resenär finns på hållplatsen, vilket kan göra att förseningar på linjerna minskar.

En annan service som skulle kunna erbjudas i en vidareutveckling är kopplad till Västtrafiks resegaranti (Västtrafik, 2010). I resegarantin finns en paragraf att om en resenär bli mer än 20 minuter försenad på grund av fel som Västtrafik har ansvar för, kan resenären beställa en taxi och få ersättning för den resan. Om en buss är mer än 20 minuter försenad och en resenär väntar på bussen samt har tryckt på stoppknappen för denna linje, skulle då mikrokontrollern på hållplatsen kunna ringa upp en taxi automatisk.

Vidgar man vyerna ytterligare och ser på samåkning med övriga trafiken som en intressant möjlig applikation. Det skulle fungera genom att resenären på hållplatsen gör ett val i menyn att även inkludera samåkning till destinationen. Om resenären då t.ex. skall in till närmaste stad, så trycker resenären på knappen för den busslinje som går till staden och även på en knapp som skulle kunna benämnas ”liftaknappen”. Det gör att signaler skickas ut till den aktuella bussen men också till alla förbipasserande bilar. I bilen ska det då finnas en mottagare som tar emot signalerna och visar för bilisten att det finns en person på närmaste busshållplats som vill åka in till staden. Denna mottagare kan vara samma som för befintlig radio och meddelandet kan visas på stereodisplayen. Om bilisten också skall in till staden kan den välja att plocka upp resenären, som inte behöver vänta på att bussen skall komma. Resenären får då manuellt återställa den valda linjen, så att bussen inte åker in på hållplatsen om ingen befinner sig där.

## 7 Slutsatser och vidareutveckling

### 7.1 Slutsats

I projektet har en första prototyp till en produkt utvecklats som på ett innovativt och säkert sätt kan lösa problematiken med att bussar i kollektivtrafiken åker förbi väntande resenärer på en hållplats. Produkten gör att resenären kan vara säker på att bussföraren stannar på hållplatsen, endast genom en knapptryckning. Radiosignaler sänds då ut från hållplatsen till den buss som skall stanna och bussföraren ser att en lampa tänds på instrumentbrädan som indikerar att den finns någon på hållplatsen som vill åka med. Denna lösning är billigare och framförallt mer pålitligt än alla befintliga lösningar på marknaden som bygger på lampor som tänds på hållplatsen eller längs med vägen. Dessa lampor kan förväxlas med annan trafik, ge reflexer eller blända bussföraren. Det kan också hända att lampan inte syns för den är skyddad. Om produkten som utvecklats i projektet tas i bruk kan det medverka till att fler väljer att resa kollektivt, då ett större förtroende för kollektivtrafiken kan byggas upp på lång sikt.

Den kommunikationslänk som upprättas mellan resenärer på en hållplats och föraren på en buss genom radiosignaler, gör att föraren vet om den ska stanna på nästa hållplats i tillräckligt god tid innan hållplatsen, för att kunna göra en mjuk inbromsning och svänga in på hållplatsen. Resenären som står och väntar på sin buss, kan vara säker på rätt buss stannar genom att endast trycka på en knapp och utan medhavd utrustning. Resenären väljer vilken linje som den vill åka med och bussar som kör andra linjer kan åka förbi hållplatsen utan att stanna. På så sätt sparar bussen tid som kan minska förseningarna i kollektivtrafiken.

Produkten är speciellt riktad mot hållplatser utanför stadstrafiken i Västra Götaland, men kan lika gärna användas i andra delar av landet. På landsbygden där det ofta är svårt för bussförare att se resenärer på hållplatsen på grund av mörker, dåligt eller obefintlig belysning, höga hastigheter, skyddad sikt på grund av terräng eller skarpa kurvor samt avfartshållplatser. Produkten fungerar på alla dessa typer av *problemhållplatser*, i extrema fall kan en tillsatsmodul i form av sändare och mottagare behövas för att skicka radiosignalen runt ett stort hinder eller extra långt bort. Avsaknaden av fast elnät gör att produkten använder sig av solenergi som lagras upp under dagen i ett batteri och som sen används då det är mörkt. Användandet av den intermittenta energikällan solenergi ger en minimal miljöpåverkan i användningsfasen av produkten.

Då föraren får information om den ska stanna eller inte stanna på nästa hållplats tidigare om produkten används är det möjligt för bussföraren att planera körningen så att den blir jämnare. Det betyder att föraren kan släppa på gasen och rulla sist biten in mot hållplatsen istället för att bromsa hårt precis innan. Tester av produkten visar att bussen tar emot radiosignalerna från hållplatsen 200-300 meter innan hållplatsen i de flesta fall och alltid innan visuellkontakt kunnat upprättas.

Om ingen resenär finns på hållplatsen kan föraren hålla hastigheten förbi hållplatsen utan att stanna. Detta ger en lägre bränsleförbrukning och därmed även mindre utsläpp av växthusgaser. Då bussen behöver göra färre tvära inbromsningar blir förslitningen på bussen i allmänhet och bromsbelägg i synnerhet mindre, vilket också bidrar till att minska kollektivtrafikens miljöpåverkan.

Trafiksäkerheten påverkas också positivt om produkten tas i bruk och de tvära inbromsningarna vid hållplatserna minskar. Rapporten Bus Travel Safety visar att de flesta olyckor med bussar inblandade är singelolyckor som drabbar passagerare på bussen och beror på snabba accelerationer och inbromsningar.

Produkten är lättanvänd med sitt intuitiva användargränssnitt, även första gången som en resenär kommer i kontakt med produkten. Detta har testats där 10/10 testpersoner använde produkten på rätt sätt första gången. Problemet ligger i att få resenären att förstå att produkten måste användas för att stoppa bussen. Endast 6/10 testpersoner uppmärksammade och gick spontant fram till produkten och använde den i de tester som genomförts. Det är viktigt att alla förstår att de ska använda produkten och hur produkten skall användas. Om inte alla resenärer använder produkten kan bussen i värsta fall åka förbi hållplatsen trots att det finns någon som vill åka med. Därför måste en informationskampanj om den nya produkten genomföras innan eller i samband med att den tas i bruk.

## 7.2 Vidareutveckling

Den produkt som tagits fram är en prototyp av den verkliga produkten och det är därför naturligt att konceptet utvecklas från den första prototypen till att den första produkten massproduceras. Det är många tekniska aspekter som kan förbättras och optimeras, utseende och utformning som kan justeras eventuellt kan även funktioner modifieras. I vidareutveckling ligger också hur produkten ser ut inom en överskådlig framtid, vilka funktioner kan läggas till ursprungskonceptet, vilka applikationer förutom till bussar, kan produkten användas till. När en ny produkt introduceras är det ofta en bra strategi att utforma produkten på ett sätt som användaren känner igen, för att göra produkten lättare att använda. Sen kan utvecklingen gradvis gå mot en mer optimal utformning. Dessa ämnen diskuteras nedan under separata rubriker.

### 7.2.1 Teknisk utveckling

Tidigt i projektet kom det fram att en svaghet i konceptet är om någon komponent går sönder och ingen signal skickas från hållplats till buss. Då kommer i värsta fall alla bussar att åka förbi. Det är därför nödvändigt med någon sort backupsystem, som inte gör situationen sämre än innan produkten fanns. Om det blir något problem med strömförsörjningen, tex en oväntad kortslutning som leder till urladdad batteri, är det önskvärd att en ha oberoende energikälla. Denna energikälla, lämpligtvis ett batteri, behöver inte vara kapabelt att driva hela produkten normalt. Det räcker sannolikt att den kan skicka ut ett felmeddelande till bussar som närmar sig och till resenären på hållplatsen. Den ska även skicka ut en signal till en servicecentral att service behövs. Exakt hur detta backupsystem ska fungera, löses inte i projektet. Det framgår också i *1.3 Avgränsningar*.

Till en slutprodukt bör en energioptimering göras. I prototypen är inte alla komponenter så energieffektiva som de sannolikt kan vara. En rejäl översyn av kopplingsschemat av en elektronikexpert kan innebära energivinster. Den inkommande strömmen och batteriet är inte heller helt optimerade, antagligen kan

man skala ner solpanelen och batteriets storlek och kapacitet och ändå klara av att driva produkten på ett tillfredställande sätt.

Till de *problemhållplatser* där signaler behöver skickas längre är 300m, vid exempelvis en avfartshållplats, eller om signalen behöver gå runt ett solitt stort hinder, som till exempel ett berg, kommer en mellansändarstation att behöva utvecklas. Denna station har som uppgift att ta emot signalen från hållplatsen och skicka den vidare till bussen. Precis som stationen på hållplatsen och på bussen består denna station av en mikrokontroller med sändare och mottagare, samt elförsörjningssystem. På detta sätt kan ett nät byggas upp, som vidarebefordrar signalerna från hållplatsen vidare till önskad buss. Detta gör att produkten kan användas på alla sorters *problemhållplatser*.

I slutprodukten kommer återställningen av en linje att ske då bussens dörrar öppnas på hållplatsen. Detta var inte möjligt att göra i prototypen då tillgång till buss saknades. I prototypen återställs systemet med en strömbrytare som skickar en insignal till mikrokontrollern på bussen som sen sänder en signal till mikrokontrollern på hållplatsen.

Prototypen byggs med elektronik tillgänglig för privatpersoner, som använder sig av samma radiofrekvens som många andra produkter använder sig av. Det gör att produkten är känslig för störningar från andra radiosändare som sänder på samma frekvensband. Typiska störningskällor är mikrovågsugnar eller carport öppnare. I en vidareutveckling kan tillstånd för att få använda en reserverad frekvens sökas och hårdvaran anpassas efter detta. Det gör att kommunikationen mellan buss och busshållplats blir mindre känslig mot radiostörningar.

På den tänkta slutprodukten kommer det även att finnas blindskrift överallt där information ges via text. Det är omöjligt att i blindskrift visa att en skylt har tänds, som i fallet med till exempel *stannarskylten*. Det är därför önskvärt att i en vidareutveckling även ge ljudsignaler som komplement till de ljussignaler som produkten ger, allt för att öka tillgänglighet av produkten.

### **Hårdvara**

Projektet har använt sig av en mikrokontroller, Arduino Mega 2560, som ger goda möjligheter för att debugga samt har stor uppsättning med in-/utgångar för elektroniska signaler. Detta var för att projektgruppen inte ville ha några tekniska begränsningar i hårdvaran. Den lösning som nu utvecklats kräver dock inte en fullt lika kraftfull mikrokontroll. Därför kan det i slutprodukten användas en annan mikrokontroller från samma tillverkare men av en mer avskalad sort och använda samma mjukvara. Det man då erhållit är en mindre samt billigare komponent och till prestanda nästintill lika snabb.

En vidareutveckling som diskuterats var att använda flera mikrokontrollers per modul, för att utnyttja arbetskraften från flera processorer. På så sätt kan man ha en mikrokontroller som bara lyssnar efter knapptryckningar och en som bara skickar meddelanden. Med det hade man erhållit färre beräkningar, då mikrokontrollern inte behöver undersöka om någon ny linje ska stannas den andra mikrokontrollern skickar



meddelanden. Istället hade då den ena mikrokontrollern kunnat konstant skriva till den andra mikrokontrollern med vilka linjer den just då skulle meddela.

### 7.2.2 Konceptuell utveckling

Den produkt som utvecklats i det här projektet löser problemet med att bussar passerar förbi en hållplats utan att plocka upp väntande resenärer, men inte så mycket mer. Det finns flera värdefulla extra funktioner som skulle kunna läggas till det befintliga konceptet, för att göra resandet i kollektivtrafiken bekvämare. Något som till exempel framkommit i användartester, är önskemålet att veta hur långt det är kvar tills bussen kommer. En integrering med befintliga elektroniska tidtabellssystemet är en möjlighet.

De *problemhållplatser* som denna produkt riktar sig mot, saknar för det mesta både denna digitala display och fast elnät. Denna avsaknad gör att en enklare och mindre energikrävande display antagligen är önskvärd, för att kunna driva systemet på solenergi.

Det hade också varit bekvämt om resenären blev medveten om att bussen närmade sig. Det betyder att när bussen tar emot signal om att en resenär väntar vid hållplatsen, skickar den tillbaka en signal som säger att bussen är på inkommande. När detta sker kan resenären göras uppmärksam på detta genom till exempel en inspelad röst eller att *stannarknappen* börjar blinka.

### 7.2.3 Användbarhet utveckling

I nu läget är det inte möjligt att göra ett val på hållplatsen att man vill åka med antingen den ena bussen eller den andra men inte den tredje. Det vill säga det finns delmängd av bussar som tar resenären till önskad destination och det spelar ingen roll vilken buss, utan resenären är intresserad av att ta den som kommer först. Detta är en inga problem programmeringstekniskt utan framförallt ur användarhänseende. För att få det att fungera, måste produkten ha en *ellerknapp*, vilket kommer att förvirra resenären. I en vidare utveckling när allmänheten har vant sig att använda produkten är det möjligt att lägga till en så pass avancerad funktion, men vid introduktionen av en ny produkt är det viktigt att den är så lätt att använda som möjligt.

## Källförteckning

Berntman, M., Wretstrand, A., & Holmberg, B. (2010). *Bus travel safety - A travel chain perspective*. Paper delivered at the 12<sup>th</sup> International Conference on Mobility and Transport for Elderly and Disabled Persons (TRANSED 2010), held in Hong Kong on 2-4 June, 2010

Engelbrektsson, P. (2010). *Kurskompendium i Produktutveckling – Behov och krav*. Göteborg: Chalmers tekniska högskola

Faludi, R. (2010). *Building Wireless Sensor Networks*. Sebastopol, USA: O'Reilly Media.

Göteborgs stad (2011) *Ansöka och resa med färdtjänst*. [Hämtat 2012-04-20].

Tillgänglig:

[http://www.goteborg.se/wps/portal/!ut/p/c5/jctBDoIwEEDRs3CCzgxDqUvaalslJSRikA3pwhgSARdGry830PzlxOD2FrSe7qn17Qu6SF6MciRilOr6ZgD7LQFOlvGqAoyJW3\\_KsfYUHfggKjkHoGkZ11fAjib\\_6ONqzyXNYBiBxBYN9GbFiH80tGv8008567\\_VFn2BRauvFo!/dl3/d3/L2dBISEvZ0FBIS9nQSEh/?WCM\\_GLOBAL](http://www.goteborg.se/wps/portal/!ut/p/c5/jctBDoIwEEDRs3CCzgxDqUvaalslJSRikA3pwhgSARdGry830PzlxOD2FrSe7qn17Qu6SF6MciRilOr6ZgD7LQFOlvGqAoyJW3_KsfYUHfggKjkHoGkZ11fAjib_6ONqzyXNYBiBxBYN9GbFiH80tGv8008567_VFn2BRauvFo!/dl3/d3/L2dBISEvZ0FBIS9nQSEh/?WCM_GLOBAL)

Jordan, W.P. (1998). *An introduction to Usability*. London: Taylor & Francis Group.

Kalmar Läns Trafik AB Högsby (2008) *Projekt BussLED*. [Hämtat 2012-02-10].

Tillgänglig:

[http://klt.se/upload/Om%20KLT/BroschyrerOchTrycksaker/Slutrapport\\_Bussled080215C.pdf](http://klt.se/upload/Om%20KLT/BroschyrerOchTrycksaker/Slutrapport_Bussled080215C.pdf)

Sveriges Trafikskolors Riksförbund (2011) *Körsätt*. [Hämtat 2012-02-27].

Tillgänglig: <http://www.str.se/Miljo/Ecodriving/Korsatt/>

Ulrich, K.T, & Eppinger, S.D. (2003). *Product Design and Development*. New York, USA; McGraw-Hill/Irwin.

Vägverket (2008) *Viktig information till dig som ska åka buss längs E4*. [Hämtad 2012-02-27]. Tillgänglig:

[http://publikationswebbutik.vv.se/upload/4554/89244\\_viktig\\_information\\_till\\_dig\\_som\\_ska\\_aka\\_buss\\_langs\\_e4.pdf](http://publikationswebbutik.vv.se/upload/4554/89244_viktig_information_till_dig_som_ska_aka_buss_langs_e4.pdf)

Västtrafik (2012) *Vårt att veta om Västtrafik*. [Hämtat 2012-03-15]. Tillgänglig:

<http://www.vasttrafik.se/om-vasttrafik/Vart-att-veta-om-Vasttrafik/Vart-att-veta-om-Vasttrafik/>

Västtrafik (2012) *Dina åtaganden som resenär*. [Hämtat 2012-03-10]. Tillgänglig:

<http://www.vasttrafik.se/Att-resa/Resegaranti/Dina-ataganden-som-resenar/>

Västtrafik (2012) *Resevillkor*. [Hämtat 2012-04-20]. Tillgänglig:

<http://www.vasttrafik.se/Att-resa/resevillkor/#3%20bagage>

Västtrafik (2012) *Reseplaneraren*. [Hämtat 2012-03-15]. Tillgänglig:  
[http://reseplanerare.vasttrafik.se/bin/query.exe/sn?L=vs\\_vasttrafik](http://reseplanerare.vasttrafik.se/bin/query.exe/sn?L=vs_vasttrafik)

Västtrafik (2010) *Resegaranti*. [Hämtat 2012-05-01]. Tillgänglig:  
<http://www.vasttrafik.se/Att-resa/Resegaranti/>

## Bilaga 1 – Intervjuguide

1. Presentation av projekt  
Presentera syftet med projektet; utveckla produkt som gör det möjligt för passagerare att signalera till fordon att de vill åka med. Hållplatser som är svåra att se, mörker etc.  
Projektet är i startskedet vilket innebär att det inte finns någon produkt än, utan syftet i det här läget är att utreda och skapa en tydlig bild av hur problemet ser ut, för att kunna utveckla en så bra lösning som möjligt. Det finns inga rätt eller fel svar, alla synpunkter och tankar är till hjälp.
2. Bakgrund förare  
Hur länge har du arbetat som bussförare?  
Vilka linjer kör du oftast?
3. Undersökning  
Hur ofta upplever du situationer där det är svårt att se/uppfatta om det står passagerare vid en hållplats? (en uppskattning över hur många tillfällen per arbetsdag eller arbetsvecka)  
Hur brukar du hantera situationen om du upptäcker passageraren sent (bromsa eller köra vidare)?  
Har du varit med om någon incident/olycka som har orsakats av detta problem?  
Hur upplever du att dessa situationer påverkar ditt arbete? Stress? Tidsåtgång?  
Vad använder passagerare i allmänhet när de vill åka med bussen när det är mörkt/dålig sikt (reflexer, lampor, mobildisplay etc)? Vad tycker du fungerar bäst av dessa? Vad fungerar mindre bra?  
Det finns på vissa ställen i landet befintliga lösningar på hållplatserna, i form av blinkande eller fasta lampor, reflexsnurror med mera (ta med bilder). Har du kommit i kontakt med någon sådan lösning? Om ja, vilken typ? Hur tyckte du att den fungerade?  
Finns det någon/några hållplatser som du upplever som speciellt problematiska när det gäller att se om det finns passagerare som vill åka med? I så fall vilken/vilka?  
Vad är det som gör denna/dessa hållplatser extra problematiska (skymd sikt, trafiksituation etc)?  
Har du några andra tankar eller synpunkter gällande passagerares synlighet vid hållplatser som du vill dela med dig av?

## Bilaga 2 – Resultat KJ-analys

Intressent/kravställare:

Passagerare

Förare

Trafikoperatör

Kombination/övriga

### Usability

medge tillgänglighet för funktionshindrade

kunna förstås och användas av alla passagerare (>6 år)

### Passagerarbekvämlighet

kräva minimal lokalkännedom av passagerare

inte kräva medhavd utrustning av passagerare

kräva endast en aktiv handling av passagerare

kräva minimal ansträngning av passagerare

### Förarbekvämlighet

kräva minimal linjekännedom för förare

motverka förväxlingsrisk för information (reklamskylt)

vara tydlig för förare i förarhyttmiljön

motverka osäkerhet hos förare

### Stadgar

uppfylla Västtrafiks resevillkor

### Generaliseringsmöjlighet

fungera för bussar, spårvagnar och färjor

kunna användas på hållplatser som trafikeras av flera

### Hastighetskrav

fungera med alla förekommande hastighetsbegränsningar

ge signal i god tid för inbromsning

### Trafiksäkerhet

motverka häftiga inbromsningar

motverka störning av trafikrytmen

### Kontext/miljö

fungera vid bländande möte

fungera på oupplysta hållplatser

### Effektiv körning

medge jämn körning

motverka onödiga inkörningar på vändslingehållplatser

motverka onödiga stopp

motverka onödiga inbromsningar

medge hållande av tillåten hastighet

## Bilaga 3 – CW/PHEA

### mall

#### CW och PHEA

	J/N	Varför? (F/S)	Problem (UP)	Anteckningar
1. Kommer användaren försöka uppnå rätt effekt?				
2. Kommer användaren att notera att rätt handling finns tillgänglig?				
3. Kommer användaren att associera korrekt handling med rätt effekt?				
4. Om rätt handling är utförd, kommer användaren att se att handlingen har för uppgiften närmare målet?				
<ul style="list-style-type: none"><li>• Vilken handling kan användaren göra fel vid rätt tillfälle?</li><li>• Vilken handling kan användaren göra rätt vid fel tillfälle?</li><li>• Vad händer om användaren utför en ej fullständig handling eller utesluter en handling?</li><li>• Vad händer om användaren utför handlingarna i fel ordning?</li></ul>				
Fel	Orsak	Konsekvens	Upptäckt	Återhämtning
				Ingen Ingen

## resultat

### CW och PHEA - 1:2:1 Notera produkt

	J/N	Varför? (F/S)	Problem (UP)	Anteckningar
1. Kommer användaren försöka uppnå rätt effekt?	N	Användaren ej medveten om att prod. existerar		
2. Kommer användaren att notera att rätt handling finns tillgänglig?	J	Produkten väl synlig		
3. Kommer användaren att associera korrekt handling med rätt effekt?	N	Ingen förkunskap		
4. Om rätt handling är utförd, kommer användaren att se att handlingen har för uppgiften närmare målet?	J	Produkten väl synlig		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vilken handling kan användaren göra fel vid rätt tillfälle?</li> <li>• Vilken handling kan användaren göra rätt vid fel tillfälle?</li> <li>• Vad händer om användaren utför en ej fullständig handling eller utesluter en handling?</li> <li>• Vad händer om användaren utför handlingarna i fel ordning?</li> </ul>				
Fel	Orsak	Konsekvens	Upptäckt	Återhämtning
Användaren ser inte produkten	Ingen förkunskap om att produkten finns	Bussen stannar inte	Bussen kör förbi	Ingen
Användaren ser produkten, men förstär inte att den ska användas	Ingen förkunskap om vad produktens syfte är	Bussen stannar inte	Bussen kör förbi	Ingen
Användaren letar efter produkten men hittar den inte.	Användaren är van vid att produkten ska finnas på hållplatsen	Oro hos användaren och bussen stannar ev inte	Bussen kör förbi	Ingen

### CW och PHEA - 1:2:2 Förstå funktion

	J/N	Varför? (F/S)	Problem (UP)	Anteckningar
1. Kommer användaren försöka uppnå rätt effekt?	J	Användaren har noterat att produkten finns; nyfikenhet →		
2. Kommer användaren att notera att rätt handling finns tillgänglig?	J	Produkten stämmer överens med mentala modeller för bussresa		
3. Kommer användaren att associera korrekt handling med rätt effekt?	J	Produkten stämmer överens med mentala modeller för bussresa		
4. Om rätt handling är utförd, kommer användaren att se att handlingen har för uppgiften närmare målet?	J	Tydligt gränssnitt; stämmer överens med mentala modeller, (feedback)		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vilken handling kan användaren göra fel vid rätt tillfälle?</li> <li>• Vilken handling kan användaren göra rätt vid fel tillfälle?</li> <li>• Vad händer om användaren utför en ej fullständig handling eller utesluter en handling?</li> <li>• Vad händer om användaren utför handlingarna i fel ordning?</li> </ul>				
Fel	Orsak	Konsekvens	Upptäckt	Återhämtning
Användaren förstär inte hur produkten fungerar	Ingen förkunskap	Bussen stannar inte	Bussen kör förbi	Ingen
Användaren missuppfattar hur produkten ska användas	Ingen förkunskap, otydligt gränssnitt	Worst case; bussen stannar inte	Bussen kör förbi	Ingen
Användaren missuppfattar hur produkten skall användas	Ingen förkunskap, otydligt gränssnitt	Worst case; bussen stannar inte plus att ev stannar fel buss	När fel buss stannar/ när rätt buss åker förbi	Nytt val kan göras då fel buss stannar



**CW och PHEA - 2:1:1 Finna passande knapp**

	J/N	Varför? (F/S)	Problem (UP)	Anteckningar
1. Kommer användaren försöka uppnå rätt effekt?	J	Användaren vill trycka på rätt knapp		
2. Kommer användaren att notera att rätt handling finns tillgänglig?	J	Tydligt märkta knappar		
3. Kommer användaren att associera korrekt handling med rätt effekt?	J	Tydligt märkta knappar		
4. Om rätt handling är utförd, kommer användaren att se att handlingen har för uppgiften närmare målet?	J	Feedback		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vilken handling kan användaren göra fel vid rätt tillfälle?</li> <li>• Vilken handling kan användaren göra rätt vid fel tillfälle?</li> <li>• Vad händer om användaren utför en ej fullständig handling eller utesluter en handling?</li> <li>• Vad händer om användaren utför handlingarna i fel ordning?</li> </ul>				
Fel	Orsak	Konsekvens	Upptäckt	Aterhämtning
Användaren hittar inte rätt knapp	Otydligt märkta knappar, användaren känner ej till busslinje	Bussen stannar inte	Bussen kör förbi	Ingen
Användaren väljer fel knapp	Misstag eller felval: otydlighet i gränssnitt eller felaktig kunskap hos användare	Fel buss stannar	Fel buss stannar	Om rätt buss inte har gått; möjligt att återhämta genom att välja rätt knapp

**CW och PHEA - 2:1:2:1 Trycka på knapp, specifik buss/linje**

	J/N	Varför? (F/S)	Problem (UP)	Anteckningar
1. Kommer användaren försöka uppnå rätt effekt?	J	Användaren vill komma med rätt buss		
2. Kommer användaren att notera att rätt handling finns tillgänglig?	J	Tydligt märkta knappar, användaren vet vilken buss hen ska åka med		
3. Kommer användaren att associera korrekt handling med rätt effekt?	J	Tydligt märkta knappar		
4. Om rätt handling är utförd, kommer användaren att se att handlingen har för uppgiften närmare målet?	J	Feedback		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vilken handling kan användaren göra fel vid rätt tillfälle?</li> <li>• Vilken handling kan användaren göra rätt vid fel tillfälle?</li> <li>• Vad händer om användaren utför en ej fullständig handling eller utesluter en handling?</li> <li>• Vad händer om användaren utför handlingarna i fel ordning?</li> </ul>				
Fel	Orsak	Konsekvens	Upptäckt	Aterhämtning
Användaren trycker på en annan buss/linje	Otydligt märkta knappar, användaren känner ej till busslinje	Fel buss stannar	Fel buss stannar	Om rätt buss inte har gått; möjligt att återhämta genom att välja rätt knapp
Användaren trycker på ev. nästa tur-knapp	Misstag eller felval: otydlighet i gränssnitt eller misstag av användare	Fel buss stannar	Fel buss stannar	Om rätt buss inte har gått; möjligt att återhämta genom att välja rätt knapp

**CW och PHEA - 2:1:2:2 Trycka på knapp, Nästa tur**

	J/N	Varför? (F/S)	Problem (UP)	Anteckningar
1. Kommer användaren försöka uppnå rätt effekt?	J	Användaren vill åka med nästa tur		
2. Kommer användaren att notera att rätt handling finns tillgänglig?	J	Tydligt märkta knappar		
3. Kommer användaren att associera korrekt handling med rätt effekt?	J	Tydligt märkta knappar		
4. Om rätt handling är utförd, kommer användaren att se att handlingen har för uppgiften närmare målet?	J	Feedback		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vilken handling kan användaren göra fel vid rätt tillfälle?</li> <li>• Vilken handling kan användaren göra rätt vid fel tillfälle?</li> <li>• Vad händer om användaren utför en ej fullständig handling eller utesluter en handling?</li> <li>• Vad händer om användaren utför handlingarna i fel ordning?</li> </ul>				
Fel	Orsak	Konsekvens	Upptäckt	Återhämtning
Användaren trycker på alla knappar	Användaren lägger inte märke till att det finns en knapp för nästa tur	Fel buss stannar/alla bussar stannar	Ingen för användaren, möjlig för chaufför	Ev. möjlighet för chaufför att återställa

**CW och PHEA - 2:2 Notera feedback**

	J/N	Varför? (F/S)	Problem (UP)	Anteckningar
1. Kommer användaren försöka uppnå rätt effekt?	N	Ingen förkunskap om produkt		
2. Kommer användaren att notera att rätt handling finns tillgänglig?	J	Uppmärksamhet riktad mot produkten		
3. Kommer användaren att associera korrekt handling med rätt effekt?	J	Feedback stämmer överens med mentala modeller för bussresor		
4. Om rätt handling är utförd, kommer användaren att se att handlingen har för uppgiften närmare målet?	J	Feedback stämmer överens med mentala modeller för bussresor		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vilken handling kan användaren göra fel vid rätt tillfälle?</li> <li>• Vilken handling kan användaren göra rätt vid fel tillfälle?</li> <li>• Vad händer om användaren utför en ej fullständig handling eller utesluter en handling?</li> <li>• Vad händer om användaren utför handlingarna i fel ordning?</li> </ul>				
Fel	Orsak	Konsekvens	Upptäckt	Återhämtning
Användaren märker inte feedback	Användaren har inte uppmärksamheten riktad mot produkten (tex om bussen är på inkommande)	Worst case; produkten fungerar inte, användaren märker inte detta, bussen stannar inte	Bussen kör förbi	Ingen

**CW och PHEA - 2:3:1 Notera rätt handling utförd**

	J/N	Varför? (F/S)	Problem (UP)	Anteckningar
1. Kommer användaren försöka uppnå rätt effekt?	J	Användaren söker bekräftelse på handling		
2. Kommer användaren att notera att rätt handling finns tillgänglig?	J	Uppmärksamhet riktad mot produkten		
3. Kommer användaren att associera korrekt handling med rätt effekt?	J	Feedback stämmer överens med mentala modeller för bussresor		
4. Om rätt handling är utförd, kommer användaren att se att handlingen har för uppgiften närmare målet?	J	Feedback stämmer överens med mentala modeller för bussresor		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vilken handling kan användaren göra fel vid rätt tillfälle?</li> <li>• Vilken handling kan användaren göra rätt vid fel tillfälle?</li> <li>• Vad händer om användaren utför en ej fullständig handling eller utesluter en handling?</li> <li>• Vad händer om användaren utför handlingarna i fel ordning?</li> </ul>				
Fel	Orsak	Konsekvens	Upptäckt	Återhämtning
Användaren förstår inte feedback	Otydlig feedback, stämmer inte överens med användarens mentala modeller	Worst case, produkten fungerar inte, användaren märker inte detta, bussen stannar inte	Bussen kör förbi	Ingen
Användaren tror att hen gjort fel när hen gjort rätt	Otydlig feedback, stämmer inte överens med användarens mentala modeller	Användaren avbryter och gör nytt försök, kan göra fel	Fel buss stannar/ingen buss stannar	Om rätt buss inte har passerat kan återställning ske genom att välja rätt igen

**CW och PHEA - 2:3:2 Upptäcka felhandling**

	J/N	Varför? (F/S)	Problem (UP)	Anteckningar
1. Kommer användaren försöka uppnå rätt effekt?	N	Användaren tror att hen gjort rätt		
2. Kommer användaren att notera att rätt handling finns tillgänglig?	N	Uppmärksamhet ej riktad mot produkten		
3. Kommer användaren att associera korrekt handling med rätt effekt?	J	Användaren söker bekräftelse på rätt handling		
4. Om rätt handling är utförd, kommer användaren att se att handlingen har för uppgiften närmare målet?	J	Användaren förstår att felhandling utförts när feedback inte stämmer överens med val		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vilken handling kan användaren göra fel vid rätt tillfälle?</li> <li>• Vilken handling kan användaren göra rätt vid fel tillfälle?</li> <li>• Vad händer om användaren utför en ej fullständig handling eller utesluter en handling?</li> <li>• Vad händer om användaren utför handlingarna i fel ordning?</li> </ul>				
Fel	Orsak	Konsekvens	Upptäckt	Återhämtning
Användaren upptäcker inte att hen gjort fel	Otydlig feedback, uppmärksamheten riktad åt annat håll	Fel buss stannar, rätt buss stannar inte	Fel buss stannar	Om rätt buss inte har passerat kan återställning ske genom att välja rätt igen

**CW och PHEA - 2:3:3 Ängra felhandling**

	J/N	Varför? (F/S)	Problem (UP)	Anteckningar
1. Kommer användaren försöka uppnå rätt effekt?	J	Användaren vill återställa sitt felval		
2. Kommer användaren att notera att rätt handling finns tillgänglig?	N	Användaren förstår inte hur felval ska ångras		
3. Kommer användaren att associera korrekt handling med rätt effekt?	N	Användaren förstår inte hur felval ska ångras		
4. Om rätt handling är utförd, kommer användaren att se att handlingen har för uppgiften närmare målet?	J	Feedback bekräftar att handlingen har ångrats		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vilken handling kan användaren göra fel vid rätt tillfälle?</li> <li>• Vilken handling kan användaren göra rätt vid fel tillfälle?</li> <li>• Vad händer om användaren utför en ej fullständig handling eller utesluter en handling?</li> <li>• Vad händer om användaren utför handlingarna i fel ordning?</li> </ul>				
Fel	Orsak	Konsekvens	Upptäckt	Återhämtning
Användaren förstår inte hur hen ska ångra felhandling	Otydligt gränssnitt, stämmer inte överens med metala modeller för ångra/avbryt	Fel buss stannar	Fel buss stannar	Ingen

**CW och PHEA - 2:3:4 Notera återställning**

	J/N	Varför? (F/S)	Problem (UP)	Anteckningar
1. Kommer användaren försöka uppnå rätt effekt?	J	Användaren söker bekräftelse på att ångra-kommandot har mottagits		
2. Kommer användaren att notera att rätt handling finns tillgänglig?	J	Uppmärksamhet riktad mot produkten		
3. Kommer användaren att associera korrekt handling med rätt effekt?	J	Användaren söker bekräftelse		
4. Om rätt handling är utförd, kommer användaren att se att handlingen har för uppgiften närmare målet?	J	Feedback bekräftar att handlingen har ångrats		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vilken handling kan användaren göra fel vid rätt tillfälle?</li> <li>• Vilken handling kan användaren göra rätt vid fel tillfälle?</li> <li>• Vad händer om användaren utför en ej fullständig handling eller utesluter en handling?</li> <li>• Vad händer om användaren utför handlingarna i fel ordning?</li> </ul>				
Fel	Orsak	Konsekvens	Upptäckt	Återhämtning
Användaren förstår inte att återställning har skett	Otydligt gränssnitt, stämmer inte överens med metala modeller för ångra/avbryt	Korrekt val kan händras	Omedelbart	Användaren fortsätter försöka eller ger upp

**CW och PHEA - 2:4 Upptäcka icke-funktion**

	J/N	Varför? (F/S)	Problem (UP)	Anteckningar
1. Kommer användaren försöka uppnå rätt effekt?	N	Ingen förkunskap om hur produkten ska se ut/bete sig när den fungerar		
2. Kommer användaren att notera att rätt handling finns tillgänglig?	N	Ingen förkunskap		
3. Kommer användaren att associera korrekt handling med rätt effekt?	N	Ingen förkunskap		
4. Om rätt handling är utförd, kommer användaren att se att handlingen har för uppgiften närmare målet?	J	Användaren förstår att produkten inte fungerar och att annan handling krävs		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vilken handling kan användaren göra fel vid rätt tillfälle?</li> <li>• Vilken handling kan användaren göra rätt vid fel tillfälle?</li> <li>• Vad händer om användaren utför en ej fullständig handling eller utesluter en handling?</li> <li>• Vad händer om användaren utför handlingarna i fel ordning?</li> </ul>				
Fel	Orsak	Konsekvens	Upptäckt	Återhämtning
Användaren förstår inte att produkten inte fungerar	Ingen förkunskap om hur produkten ska fungera, otydligt att den inte fungerar	Busen stannar inte	Busen kör förbi	Ingen

**CW och PHEA - 2:5 Ta reda på alternativ handling**

	J/N	Varför? (F/S)	Problem (UP)	Anteckningar
1. Kommer användaren försöka uppnå rätt effekt?	J	Användaren förstår att annan handling krävs när produkten inte fungerar		
2. Kommer användaren att notera att rätt handling finns tillgänglig?	N	Inte säkert att användaren har tillgång till rätt handling (om medhavd utrustning krävs)		
3. Kommer användaren att associera korrekt handling med rätt effekt?	J	Mentala modeller/erfarenhet		
4. Om rätt handling är utförd, kommer användaren att se att handlingen har för uppgiften närmare målet?	J			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vilken handling kan användaren göra fel vid rätt tillfälle?</li> <li>• Vilken handling kan användaren göra rätt vid fel tillfälle?</li> <li>• Vad händer om användaren utför en ej fullständig handling eller utesluter en handling?</li> <li>• Vad händer om användaren utför handlingarna i fel ordning?</li> </ul>				
Fel	Orsak	Konsekvens	Upptäckt	Återhämtning
Användaren förstår inte vad hen ska göra om produkten inte fungerar	Information inte tillgänglig	Busen stannar inte	Busen kör förbi	Ingen
Användaren har inte tillgång till rätt handling (medhavt material krävs)	Ingen tillgång till alternativ handling på hållplats	Busen stannar inte	Omedelbart	Ingen

**CW och PHEA - 2:6 Utföra alternativ handling**

	J/N	Varför? (F/S)	Problem (UP)	Anteckningar
1. Kommer användaren försöka uppnå rätt effekt?	J	Användaren förstår att annan handling krävs när produkten inte fungerar		
2. Kommer användaren att notera att rätt handling finns tillgänglig?	N	Inte säkert att användaren har tillgång till rätt handling (om medhavd utrustning krävs)		
3. Kommer användaren att associera korrekt handling med rätt effekt?	J	Mentala modeller/erfarenhet		
4. Om rätt handling är utförd, kommer användaren att se att handlingen har för uppgiften närmare målet?	J			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vilken handling kan användaren göra fel vid rätt tillfälle?</li> <li>• Vilken handling kan användaren göra rätt vid fel tillfälle?</li> <li>• Vad händer om användaren utför en ej fullständig handling eller utesluter en handling?</li> <li>• Vad händer om användaren utför handlingarna i fel ordning?</li> </ul>				
Fel	Orsak	Konsekvens	Upptäckt	Återhämtning
Användaren utför ingen alternativ handling	Ingen tillgång till alternativ handling på hållplats	Busen stannar inte	Busen kör förbi	Ingen
Användaren utför fel alternativ handling	Användaren har inte förstått vad hen ska göra vid icke-funktion	Busen stannar inte	Busen kör förbi	Ingen

## Bilaga 4 – Citat från intervju med förare

”...tidiga morgonturer, på vintrarna, du kommer ut till de här helt mörkklagda hållplatserna ute på landsvägen och du får möte med nåt bländande fordon, då är det lätt att missa nån på en 90-sträcka, att det står nån där, det är ju en sån här klassiker.”

”ja att man saktar ner och ser efter, för annars drar man bara förbi och så står det nån stackare där och missar sin tur...”

”Nej, där [på upplysta hållplatser] ser man, det gör man.”

”...ute på landsbygden, där folk då i och för sig står med ficklampor och reflexer och viftar då, just för att det inte ska hända nåt, det är ju ganska vanligt där ute, för de vet liksom vad som gäller”

”Är jag osäker och jag kommer på en lite sämre upplyst väg, då drar jag in ett helljus i busskuren för att se om det står nån. Då brukar de ju röra på sig.”

”Man vet ju vilka ställen som är lite luriga. [...] Man vet var det kan krävas lite mer uppmärksamhet.”

”Man har sett en silhuett och det visar sig att det är reklamskylten på kortsidan”

”Ja, har jag inte för hög hastighet så... jag vet att jag har missat nån ute på en 90-väg som sprang till skogs och skulle ställa sig bakom ett träd, och när han var klar så hade jag passerat hållplatsen och så, men det fick jag se så långt bak att det fanns inte en chans att stanna och backa...”

”Det händer ju dagligen, folk som kommer flaxande med jackan flygande...”

”Sen finns det en liten klausul att det åligger passageraren att visa att hon eller han ska med”

”Hundra meter innan är man ju klar över att det står nån där, och vad man gör är att man tar ner farten, det vill säga att man inte nödvändigtvis bromsar in, man bara släpper och låter den rulla ett tag”

”Men på en 50-sträcka är det hundra meter om man börjar en liten lätt inbromsning, jag tror inte att det är längre bort än så”

”...när jag har kört mycket landsvägstrafik förut på en 90-sträcka, då är det ju en annan manöver, då är det klart att man startar mycket tidigare med en inbromsning”

”Det är ju som hållplatsutropen, de har tänkt till, det finns ju en anledning till att de lägger dem på ett visst antal meter. Förr låg de nämligen på 200 meter, och det visade sig att det var lite tight för många att reagera...”

”...och så då att vi ska se vad som händer på nästa hållplats, det hänger ju ihop med lägre hastighet.”



”Ja en ficklampa är ju effektiv”

”Eller att de står med en reflex och viftar med den”

”Ja de som bor där och är medvetna om att det finns en risk att jag blir frånåkt, de står ju där och viftar med den här reflexen, och det gör ju att man reagerar direkt”

”Körde man vid samma tidpunkt så var det samma människor som åkte och då visste man att där brukar det inte stå nån, och det gjorde det ju alltid lite lurigt, för då är det risk att man kör förbi”

”Är jag osäker så gör jag faktiskt så att jag går in, säg att jag får ett bländande möte och jag vet inte, står det nån där, då går jag in och stannar till [...] åtminstone saktar in och ser om det är nån”

”...då såg jag att jag hade som mest under en vecka nästan 40 linjer”

”Vi får gå in, om vi är två-tre på raken, det får vi göra” (om hållplatser som trafikeras av flera olika linjer)

”På västkusten har vi ju dem vid vissa färjelägen, som inte är så frekventa då, där du helt enkelt sätter upp en stoppskiva du drar i och så går det upp en stoppskiva vid bryggan och då går färjan in, eller personfärjan, annars går den till nästa ö, eller till nästa brygga så att säga.”

”Det måste ju gå att kommunicera det där” (Om problemen med att få passagerarna att förstå hur de befintliga lösningarna ska användas)

”Man skulle ju ha den där det inte är optimala ljusförhållanden [...] inte först och främst i centrala stan, där hastigheten är lägre, där du också har, som regel, i nio fall av tio folk som ska på eller av”

”Jag har oftast gått in bara på chansning att det kanske står nån där, för det är svårt att se” (om en hållplats där man måste köra av vägen in på en egen vändslinga)

”Du tappar ju inte tempot om man säger så” (om att slippa köra in på sådana hållplatser)

”Jag måste ju lämna företräde åt den trafik som jag nyss har lämnat” (-”-)

”Det är ju alltid skönt att undvika onödiga inbromsningar och stopp, men får väl in en ryttn på nåt sätt”

”Hellre skrynkla lite plåt än att någon ramlar”

”Du kan få en väldig sladd, som är väldigt svår att häva” (om häftiga inbromsningar)

”Har du ett stort antal hållplatser utmed en linje så är det klart att varje besparat stopp, det plockar ju på, absolut. Där kan ju en sju-åtta minuters försening vid ändhallplatsen vara nere på att du ligger i fas”

”...och det innebär ju för din del att du kan få den där lilla rasten du har planerat för att springa på toa eller ta dig en kopp te eller nånting, innan du kör igen”

”Har man inga avstigande eller påstigande på ett antal hållplatser då har man snart börjat komma i fas”

”Det är ju rena cockpiten där nu” (om instrumentbrädan i bussarna)

## Bilaga 5 - Kravspecifikation

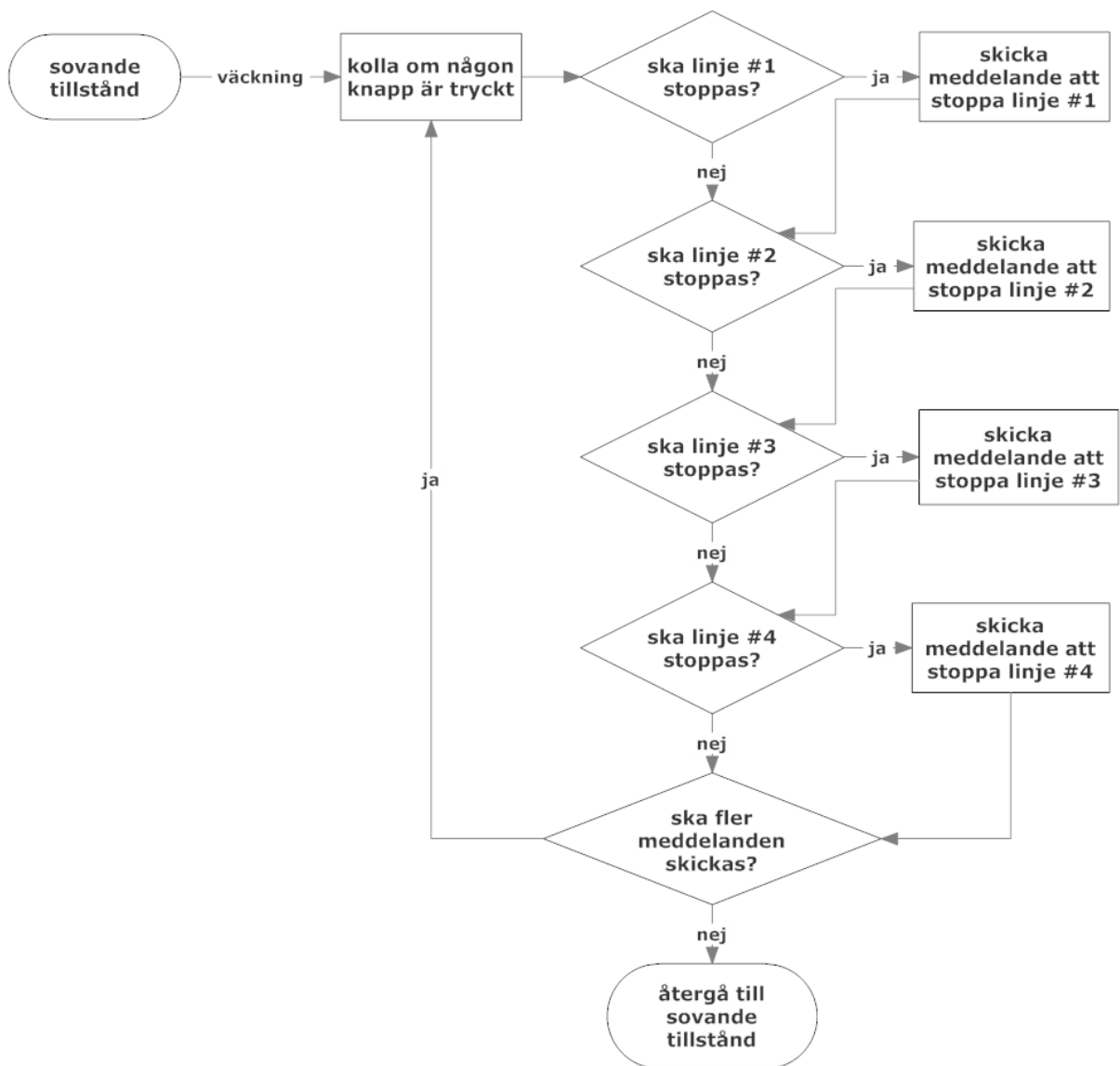
En kravspecifikation upprättas och används som ett styrande dokument i urvalsprocessen. Kravspecifikationen är uppbyggd med kolumnerna av Kriterier, Specifikation, Intressent, Målvärde samt K/Ö. Kolumnen Kriterier visar vad kravet avser, Specifikation förklarar närmare kravet, Intressent visar vem som är angelägen att kravet följs (Tillverkare/Kund/Brukare) och Målvärde visar när kravet anses uppfyllt eller hur de verifieras. Kolumnen K/Ö är en viktningskolumn som berättar hur viktigt kravet är från Ö3 som står för lägsta önskemål till Ö5 som är högsta önskemål till K som är krav. Kraven är uppdelade i grupperna: Väderresistens, Tekniska krav, Användarvänlighet, Kostnader, Generalitet och Stadgar.

<b>Kravspecifikation</b>				
<b>Kriterier</b>	<b>Specifikation</b>	<b>Intressent</b>	<b>Målvärde</b>	<b>K/ Ö</b>
<b>1. Väderresistens</b>				
1.1 Normala temperaturer	Klara normalt temperaturintervall i Västra Götaland	Tillverkare	$- 20^{\circ} < T < 30^{\circ}$	K
1.2 Extrema temperaturer	Klara mer extrema temperaturer	Tillverkare	$- 40^{\circ} < T < 50^{\circ}$	Ö3
1.3 Vattentät	Klara av regn	Tillverkare	IP54	K
1.4 Korrosionsresistent	Klara yttre påfrestningar utan att korrodera	Tillverkare	Ingen betydande korrosion på produktens livslängd	K
<b>2. Tekniska krav</b>				
2.1 Livslängd	Produktens livslängd	Tillverkare	> 5 år	K
2.2 Underhåll	Tid mellan service av produkt	Tillverkare/Kund	> 1 år	Ö4
2.3 Vandalsäker	Produktens motståndsbärighet mot yttre våld	Tillverkare/Kund	Vandalsäker design	Ö3
2.4 Inbrottssäker	Systemet på hållplatsen bör vara intrångsäkert	Kund	Speciellt verktyg för att komma in	K
2.5 Flexibel montering	Produkten ska kunna monteras på olika typer av busshållplatser	Kund	Olika inslag och fästen	K
2.6 Energiförbrukning	Hur mycket energi produkten drar vid användning under en	Tillverkare/Kund	$\sum E_{in} > \sum E_{ut}$	K

	dag			
<b>3. Användarvänlighet</b>				
3.1 Lättförståelig	Produkten ska kunna förstås och användas av alla passagerare (>6år)	Kund	Användartester	K
3.2 Snabb	Produkten måste vara snabb att använda	Kund	Parallell programmering	Ö5
3.3 Återställningsbar	Vid felval måste en ångra-funktion finnas	Kund/Brukare	Ska finnas	K
3.4 Tillgänglighet för funktionshindrade	Produkten ska ej minska tillgänglighet för funktionshindrade	Kund/Brukare	Inga hinder	Ö5
3.5 Lokalkännedom, resenär	Ska inte kräva att resenär har lokalkännedom av avreseort	Kund	Inga förkunskaper	Ö4
3.6 Stationär	Ska inte kräva medhavd utrustning av passagerare	Kund	Ingen medhavd utrustning	Ö5
3.7 Antal handlingar	Ska endast kräva en aktiv handling av resenär	Kund	En handling	Ö3
3.8 Lokalkännedom, förare	Kräva minimal linjekännedom för förare	Kund	Ska inte veta var problemhållplatser befinner sig	Ö3
3.9 Tydlig information	Bussförare ska inte kunna förväxla informationen	Kund/Brukare	Ingen förväxlingsrisk	Ö4
3.10 Information i tid	Bussförare behöver ha information i tillräckligt god tid för att hinna bromsa in	Kund/Brukare	Förare ska hinna reagera och bromsa in	Ö3
3.11 Fungera vid bländande möte	Produkten ska fundera vid mötande trafik med bländande lampor	Brukare	Ej störd av motljus	Ö3
<b>4. Kostnader</b>				
4.1 Tillverkningskostnad	Hur mycket produkten får kosta att tillverka	Tillverkare	< 2000 kr	Ö3
<b>5. Generalitet</b>				

5.1 Marknadsanpassning	Produktens bör inte låsa sig mot enbart Västtrafiks kollektivtrafiksystem	Tillverkare	Generella lösningar	Ö3
5.2 Hållplatsanpassning	Ska fungera på hållplatser med olika antal busslinjer, max 4 st	Kund	Generell design	Ö5
<b>6. Stadgar</b>				
6.1 Radiokrav	Produkten får inte sända på annan än tillåten radiofrekvens och med anpassad effekt	Kund	Allmän frekvens samt kodad för att inte störa	K
6.2 Miljöstandarder	Produkten ska tillverkas och brukas med hänsyn till miljöstandarder	Tillverkare/Kund	Ja	K
6.3 Västtrafiks policy	Produkten ska följa Västtrafiks regler och policys	Tillverkare	Ja	Ö3

## Bilaga 6 – Flödesschema



I bilden ovan kan man se ett programflöde för programmet som körs på en hållplats. En förklaring till figurerna finns listad nedan;

**Vinkelräta rektanglar** representerar en process som vilkorslöst går vidare i programmet.

**Boxar med rundade hörn** representerar ett teoretiskt start/stop i programmet. Egentligen ligger samma flöde och körs hela tiden i programmet men man kan åskådliggöra det sovande tillståndet som en väntan. I sista steget där det står ”återgå till sovande tillstånd” betyder egentligen att man återgår till samma tillstånd som man startade i. Det vill säga att nästa att man börjar om när man kommit dit.

**Romberna med icke-vinkelräta hörn** representerar en ett vilkorsgrundat hopp i programmet. Från varje sådan går två pilar, ett ”Ja” och ett ”Nej”. Om vilkoret som undersökts är sant väljs vägen med ett ”Ja” annars väljs vägen med ett ”Nej”.

## Bilaga 7 – Källkoden

Denna bilaga innehåller källkoden för prototypen till kandidatarbetet. Först kommer källkoden till programmet som körs i mikrokontrollern på hållplatsen och sedan kommer den som körs på fordonet. Med `"/`-tecknena betyder det att resten av raden är bara kommentarer(inte kod).

### Koden som körs i mikrokontrollern på hållplatsen

```
#include <avr/sleep.h>
// ----- UTSIGNALER
// Pin för testlampan.
const int ledPin = 13;
// ----- INIGNALER
// Pin som väcker mikrokontrollern
const int wakePin = 2;
// Specifik för varje hållplats.
const int hallplatsLinjer[4] = {753, 15, 42, 52};
// Pins för anropa reset.
const int resetPins[4] = {38,40,42,44};
// Pins för anropa linje.
const int knappPins[4] = {30,32,34,36};
// Pins som symboliserar minuspolen.
const int jordPins[8] = {31,33,35,37,39,41,43,45};
// ----- KONSTANTER
// Antalet gånger som är kvar att anropa. Index representerar vilken linje.
int timesToPing[4];
// Bitmask som representerar vilka linjer som ska anropas.
byte linjer;
// representerar ett "inaktivt" tillstånd.
const int deactive = HIGH;
// representerar ett "aktivt" tillstånd.
const int active = LOW;
// ----- PROGRAM
void setup() {
  for(int i=0; i<4; i++) {
    timesToPing[i]=0;
    pinMode(resetPins[i], INPUT);
    digitalWrite(resetPins[i], deactive);
    pinMode(knappPins[i], INPUT);
    digitalWrite(knappPins[i], deactive);
  }
  for(int i=0; i<8; i++) {
    pinMode(jordPins[i], OUTPUT);
    digitalWrite(jordPins[i], active);
  }
  Serial.begin(9600);
  pinMode(ledPin, OUTPUT);
  pinMode(wakePin, INPUT);
  digitalWrite(wakePin, HIGH);
  attachInterrupt(0, startPing, LOW);
}
```

```

// Anropet till lyssnar-modulen.
void aCall() {
  int i=0;
  for(byte mask=0001; mask > 0; mask <<= 1) {
    if(mask & linjer) {
      Serial.print(hallplatsLinjer[i]);
    }
    i++;
  }
}
// Körs sålänge det finns linjer att anropa
void startPing() {
  while(linjer) {
    refresh();
    aCall();
  }
}
void goSleep() {
  set_sleep_mode(SLEEP_MODE_PWR_DOWN);
  sleep_enable();
  attachInterrupt(0,startPing, LOW);
  sleep_mode();
  sleep_disable();
  detachInterrupt(0);
}
// Kollar om någon trycker på en knapp eller om timeout sker.
void refresh() {
  int i=0;
  for(byte mask=0001; mask > 0; mask <<= 1) {
    if(digitalRead(knappPins[i]) == active) { // stannknapp tryckt
      linjer |= mask;
      timesToPing[i] = 5;
    }
    if(digitalRead(resetPins[i]) == active) { // resetknapp tryckt
      reset(i);
      timesToPing[i] = 0;
    }
    if(timesToPing[i] == 0 && (mask & linjer)) { // timeout
      reset(i);
    }
    i++;
  }
}
// Stänger av pingandet av en linje.
void reset(int i) {
  linjer &= ((0001 << i) ^ 1111);
}
void loop() {
  goSleep();
  startPing();
}

```



## Koden som körs i mikrokontrollern i fordonet

```
// UTSIGNALER
const int ledPin = 45;
// ÖVRIGT
const int resetPin = 7;
const int deactive = HIGH; // "inaktivt" tillstånd
const int active = LOW;    // "aktivt" tillstånd
int dennaLinje;
void setup() {
  dennaLinje = 52;
  Serial.begin(9600);
  pinMode(ledPin, OUTPUT);
  pinMode(resetPin, INPUT);
  digitalWrite(resetPin, HIGH);
  pinMode(22, OUTPUT);
  digitalWrite(22, LOW);
  pinMode(44, OUTPUT);
  digitalWrite(44, LOW);
}
void loop() {
  if(Serial.available() > 0) {
    linje = Serial.read();
    if(dennaLinje == linje) {
      signalToStop();
      while(Serial.read() > 0) { delay(10); } // Tömmer meddelande-buffern.
    }
  }
}
void signalToStop() {
  digitalWrite(ledPin,HIGH);
  while(digitalRead(resetPin) == deactive) { delay(100); }
  digitalWrite(ledPin,LOW);
}
```