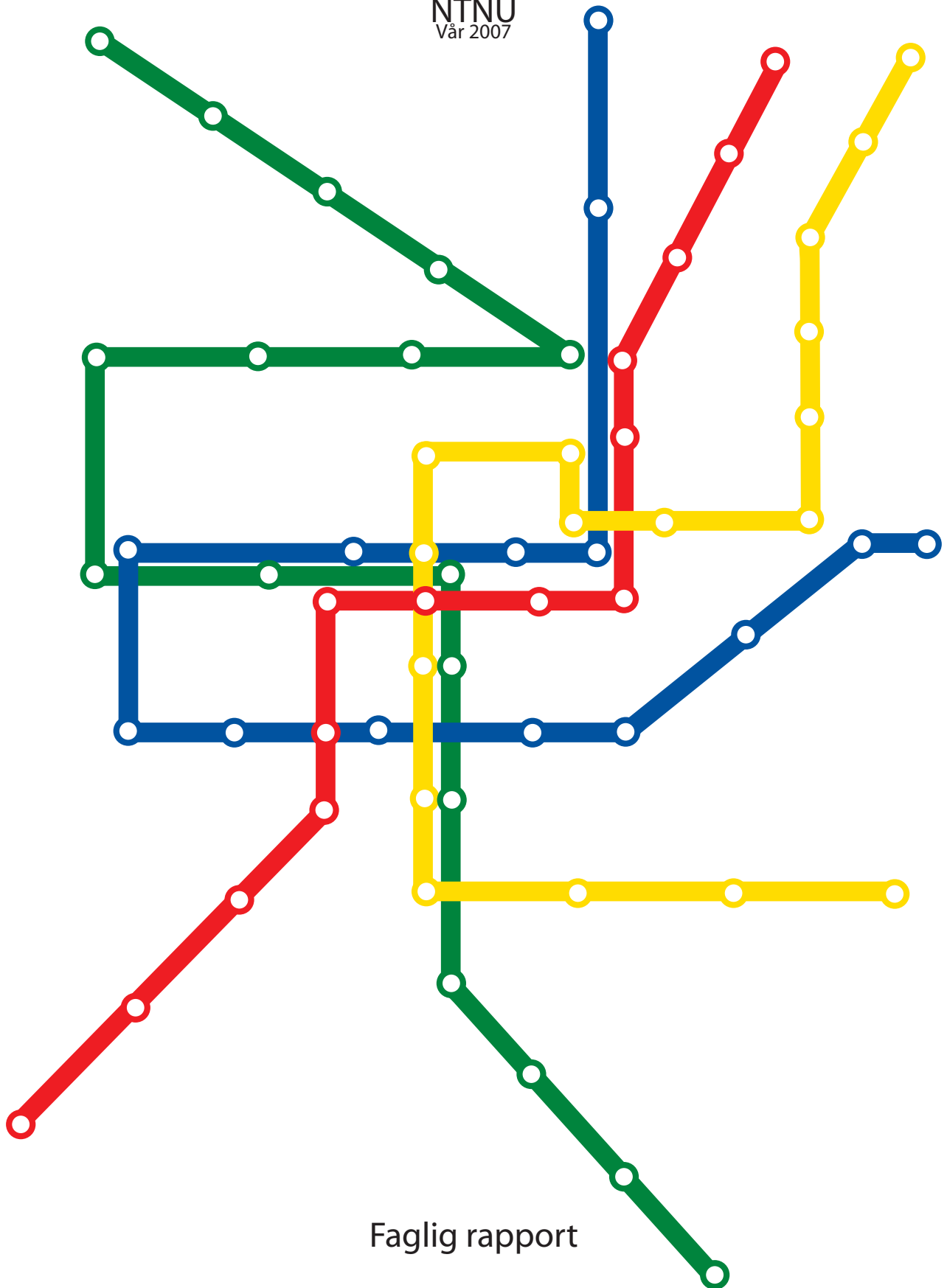


Eksperter i Team  
TFY4851  
Landsby 45 Farge

NTNU  
Vår 2007



Faglig rapport

Gruppe RØD

# Innholdsfortegnelse

<b>Innholdsfortegnelse</b>	<b>2</b>
<b>1 Innledning</b>	<b>3</b>
<b>2 Bruk og oppfattelse av farge</b>	<b>4</b>
<b>2.1 Øyet og fargesyn</b>	<b>4</b>
2.1.1 Øyet	4
2.1.2 Fotoreseptorer	4
<b>2.2 Fargesystemer og fargemåling</b>	<b>6</b>
2.2.1 Additive fargeblandinger	6
2.2.2 CIE-systemet	7
<b>2.3 CMYK</b>	<b>9</b>
<b>2.4 Fargesynstester</b>	<b>9</b>
2.4.1 Generelt	9
2.4.2 Ishihara	9
2.4.3 Lanthony's desaturated 15 hue test	10
2.4.4 Skala	10
<b>2.5 Fargebruk i dagliglivet?</b>	<b>10</b>
2.5.1 Bruk av farge i produktdesign.	10
2.5.2 Universell utforming	11
2.5.3 De sju prinsippene for universell utforming	11
<b>3 Testing og utførelse</b>	<b>13</b>
3.1.1 Fargene vi har sett på	14
3.1.2 CIE-Målinger	14
3.1.3 Fargesynstesting	14
<b>4 Resultater</b>	<b>16</b>
<b>4.1 Fargesynstester</b>	<b>16</b>
<b>4.2 Kartene, fargene og forvekslingsmuligheter (Resultater Test 2, 3 og 4)</b>	<b>16</b>
4.2.1 Oslokartet	16
4.2.2 Trondheimskartet	17
4.2.3 Londonkartet	19
<b>4.3 Farger som er like for testperson 7</b>	<b>21</b>
<b>4.4 Farger som er lette å skille (Resultater Test 5)</b>	<b>22</b>
4.4.1 Generelle kommentarer til farger i kart	24
<b>5 Diskusjon</b>	<b>24</b>
<b>5.1 Testpanelet</b>	<b>24</b>
<b>5.2 Fargesynstesting</b>	<b>26</b>
<b>5.3 Egne tester</b>	<b>27</b>
<b>5.4 Usikkerhet i fargereproduksjon og fargemåling</b>	<b>28</b>
<b>5.5 Fargebruken i kartene vi har sett på</b>	<b>29</b>
5.5.1 Oslo	29
5.5.2 London	29
5.5.3 Trondheim	30
<b>5.6 Kart for fargesynsdefekte</b>	<b>31</b>
<b>6 Hvordan utforme kollektivkart med hensyn til fargesyndefekter?</b>	<b>32</b>
<b>7 Litteraturliste</b>	<b>33</b>
<b>8 Vedlegg</b>	<b>34</b>

# 1 Innledning

Denne rapporten er utformet i forbindelse med faget Eksperter i Team (EiT), ett fag som har til hensikt å lære masterstudenter ved NTNU å arbeide sammen med andre studenter med ulike fagbakgrunner. Studentene blir fordelt på ulike landsbyer og deretter tildelt grupper innenfor landsbyen. Hver gruppe er tverrfaglig sammensatt og skal utarbeide en prosessrapport, om hvordan arbeidet i gruppen har vært, og en fagrapport hvor studentene har utredet en problemstilling innenfor Landsbyens tema. Dette er fagrapporten for gruppe Rød i Landsby 45: Farge.

Gruppe rød har bestått av fire studenter, to gutter og to jenter, med fagbakgrunn innen fysikk, industriell design, kunsthistorie, og eiendomsutvikling og -forvaltning. Vi har i denne rapporten tatt for oss problemstillingen *Hvordan utforme T-bane- / busskart med tanke på folk med fargesynsdefekter?*, og har konsentrert oss om tre kart: T-banekartene i Oslo og London, samt busskartet i Trondheim. Vi har i løpet av året vært i kontakt med Truls Lange, som har designet T-banekartet i Oslo, og Grethe Opsal i Team Trafikk. Begge har ytret ønske om å få tilbakemeldinger på hva vi har kommet fram til, noe som er spesielt spennende i forbindelse med Team Trafikk, som akkurat nå er i ferd med å lage nye kart for hele Trondheimsregionen.

I rapporten går vi raskt gjennom teorien for fargesyn og fargesynsdefekter, fargesystemer, fargesynstester og prinsippene for universell utforming. Et litteratursøk viste at det finnes lite litteratur om denne problemstillingen, og vi bestemte oss derfor for å gjennomføre egne tester på personer med fargesynsdefekter. Som bakgrunn for testene har vi både målt kartfargene i CIE-systemet og testet personene for å fastslå hva slags fargesynsdefekt de har. Avslutningsvis oppsummerer vi testresultatene og konkluderer med at Oslo-kartet fungerer bra, mens kartene fra Trondheim og London har forbedringspotensial. Vi kommer også med konkrete anbefalinger til hvordan kollektivkart kan gjøres mer lesbare for personer med fargesynsdefekter.

## **2 Bruk og oppfattelse av farge**

I dette kapitlet vil vi gjennomgå teori angående øyet og hvordan det oppfatter farger, fargesystemer og fargemålinger, ulike fargesynstester vi har gjennomført for å finne fargesynsdefekter, samt en enkel innføring i universell design som forteller om hvordan man kan tilrettelegge for mennesker med spesielle behov.

### **2.1 Øyet og fargesyn**

#### **2.1.1 Øyet**

For å beskrive mekanismene som fører til fargesynsdefekter er det hensiktsmessig å først se på øyets oppbygning hos normaltseende personer.

Når lys faller på øyet blir det brutt i hornhinnen, som er den første brytende flaten i øyet. Lysbrytningen fokuserer det innkommende lyset mot netthinnen innerst i øyet. Ved hjelp av linsen, som sitter innenfor hornhinnen og pupillen, kan lysbrytningen kontrolleres. Linsen er festet til ciliar-musklene rundt øyet, og ved å variere sammentrekningen av disse endres lysbrytningen. Dette gjør at vi kan fokusere på avstander fra mindre enn 10cm helt ut til uendelig [1].

Lyset som faller på netthinnen absorberes av en rekke lysfølsomme elementer kalt fotoreseptorer. Når fotoreseptorene absorberer et lyskvant sendes et signal videre gjennom nevralt signalveier til synssentrene i hjernen.

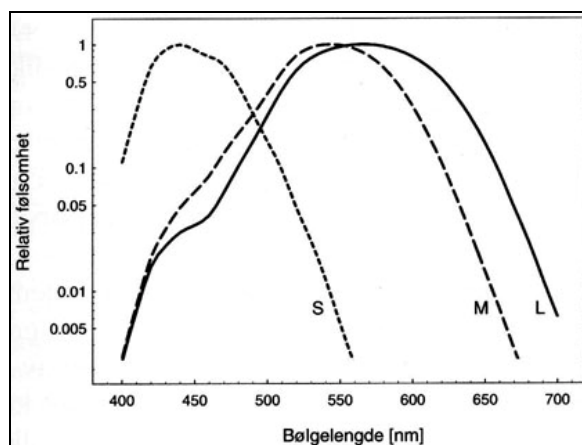
#### **2.1.2 Fotoreseptorer**

Fotoreseptorene deles grovt opp i to typer, staver og tapper. Stavene er ansvarlig for nattsynet og kjennetegnes ved høy lysfølsomhet, langsom respons, større tetthet i perifere deler av netthinnen, og at deres respons er i metning i dagslys.

Tappene kjennetegnes ved lavere følsomhet enn stavene, størst konsentrasjon i synsgropen (det sentrale området på netthinnen hvor vi har skarpest syn) og rask respons. Tappene går kun i metning ved veldig intenst lys, og er derfor ansvarlig for lysabsorpsjonen i dagslys. Normaltseende personer har tre typer tapper, L-, M- og S-

tapper. Navnene stammer fra engelsk, og står for henholdsvis Long-, Middle- og Short wavelength sensitive cones. L-, M-, og S-tappene har forskjellig følsomhet for forskjellige deler av den synlige lysspektrum. Det er dette som er en forutsetning for fargesyn. Personer som enten mangler, har for få av en eller flere av tappetyperne, eller har en endret spektral følsomhet, vil ha fargesynsdefekter.

En person med normalt fargesyn kalles en trikromat. *Trikromater* har alle de tre tappetyperne, *dikromater* mangler én type tapper. Det er forskjellige former for dikromasi, avhengig av hva slags type tapper som mangler. *Protanoper* mangler L-tappene, *deutanoper* mangler M-tapper, og *tritanoper* mangler S-tapper. Man kan også ha fargesynsdefekter selv om alle tre tappetyper er tilstede i netthinnen, for eksempel ved å ha færre antall tapper enn normalt, dette kalles *anomal trikromasi*. Om det er L-tappene som er berørt kalles defekten *protanomali* (tilsvarende for de andre tappetyperne). Den vanligste formen for dikromasi er deuteranomali, og dette rammer omtrent 5% av den mannlige befolkningen [2]. Fargesynsdefektene styres i stor grad av feil i X-kromosomet og er derfor mest vanlig hos menn. Bare omtrent 0,45% av kvinner er fargesynsdefekte, mens 8% av alle menn har en slik defekt [1].

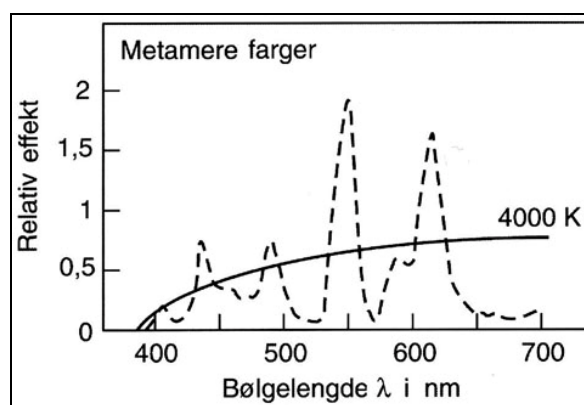


**Figur 1** Tappenes absorpsjonsspektra  
Figur hentet fra [1].

At tappene kalles Long-, Middle- og Short wavelength sensitive, er en forenkling. Det er ikke sånn at L-tappene alene har ansvar for å absorbere lys med lange bølgelengder. Alle tappetyperne absorberer lys i store deler av det synlige lysspekteret. L-tappene er likevel den tappetyper som er mest følsom for lys med lang bølgelengde, herav navnet.

Ved hjelp av psykofysiske og elektrofysiologiske eksperimenter kan tappenes absorpsjonsspektra måles (se Figur 1). Når tappene absorberer lys, vil fargen vi oppfatter være et resultat av forskjellen i absorbert energi i de forskjellige tappetyperne. To lys med veldig forskjellige spektralfordeling kan derfor oppfattes som samme farge, forutsatt at absorpsjonsforholdet mellom tappene er det samme. Dette kalles *metameri* og kan direkte knyttes til fargeblindhet [1].

La oss for enkelhets skyld si at absorpsjonen i de tre tappetyperne kan måles på en skala fra 0 til 10, der 0 er ingen absorpsjon, og 10 er maksimal absorpsjon. Fargen i et tilfeldig lys kan da beskrives ved at lysabsorpsjonen i tappene er  $L=2$ ,  $M=7$ ,  $S=3$  (kort beskrevet som  $(2,7,3)$ ). Hos en normaltseende vil fargen  $(5,7,3)$  oppfattes annerledes, fordi lysabsorpsjonen i L-tappen endres. For protanoper, som mangler L-tapper, vil derimot absorpsjonene  $(2,7,3)$  og  $(5,7,3)$  gi opphav til den samme fargeoppfattelsen. Protanopen vil ikke kunne skille disse fargene fra hverandre (se Figur 2).



**Figur 2** Den heltrukne og stiplede linjen vil i øyet oppfattes som samme farge. Figur hentet fra [1].

## 2.2 Fargesystemer og fargemåling

### 2.2.1 Additive fargeblandinger

En additiv fargeblending er summen av spektralfordelingen fra to eller flere lyskilder. Regler for additive fargeblandinger gjelder for objekter eller flater som lyser selv, eller for sterkt diffuserende felter. Ta for eksempel to like blåfarger som lyser på et hvitt ark. Der fargefeltene overlapper hverandre additivt vil vi fortsatt se blåfargen, men den vil være

lysere. Tilsvarende vil en additiv overlaging av en gul og en blå farge resultere i hvitt. Alle metamere farger som adderes, vil resultere i samme farge. CIE-systemet, beskrevet nedenfor, er et additivt system. Det bygger på lovene om additivitet og proporsjonalitet. Additivitetsloven kan kort beskrives på følgende måte: La oss si at vi belyser to felter på en hvit skjerm med to metamere farger,  $A=B$ . Videre belyser vi begge disse feltene med to andre metamere farger,  $C=D$ . Begge fargefeltene vil endre utseende, men fortsatt være metamere,  $A+C=B+D$ . Dette er additivitetsloven. Hvis vi istedenfor skulle endre intensiteten til feltene A og B, så begge blir lysere, vil de igjen endre utseende. Proporsjonalitetsloven sier at de likevel vil forbli metamere, fordi  $xA=xB$  (hvis  $x > 1$ ).

### 2.2.2 CIE-systemet

Et av de mest brukte systemene for fargemåling er CIE-systemet (Commission Internationale de l'Éclairage). Dette systemet bygger indirekte på tappenes spektrale lysfølsomheter. En bruker tre forskjellige detektorer, si  $X(\lambda)$ ,  $Y(\lambda)$ ,  $Z(\lambda)$ , der X, Y og Z tilsvarer henholdsvis L-, M- og S-tappene, og  $\lambda$  er lysets bølgelengde. Fargen til et målt lys beskrives da med de tre målte koordinatene X, Y og Z. X, Y og Z-verdiene avviker fra tappenes absorpsjonsspektra, fordi disse ikke var godt nok kjent da CIE-systemet ble ratifisert i 1931. De tre koordinatene i CIE-systemet utspenner et fargevektorrom der hver farge har en entydig vektor. Det er vanlig å normere fargevektorene slik at X-, Y- og Z-verdiene er 100 for en hvit ideelt diffuserende flate. Dette betyr at alle objekter som ikke lyser selv vil ha verdier mindre enn hundre.

CIE-systemet kan brukes for å undersøke om to farger kan skilles av personer med fargesynsdefekter. Ved å måle lyset fra en farget overflate kan CIE-koordinatene bestemmes. Om Y- og Z-koordinatene er like for de to fargene kan man gå ut ifra at protanoper vil ha vanskelig for å skille fargene fra hverandre. Det er viktig at fargemålingen skjer under idealiserte forhold, dvs. i en bestemt belysning og uten påvirkning fra omkringliggende farger, da dette vil påvirke fargemålingen.

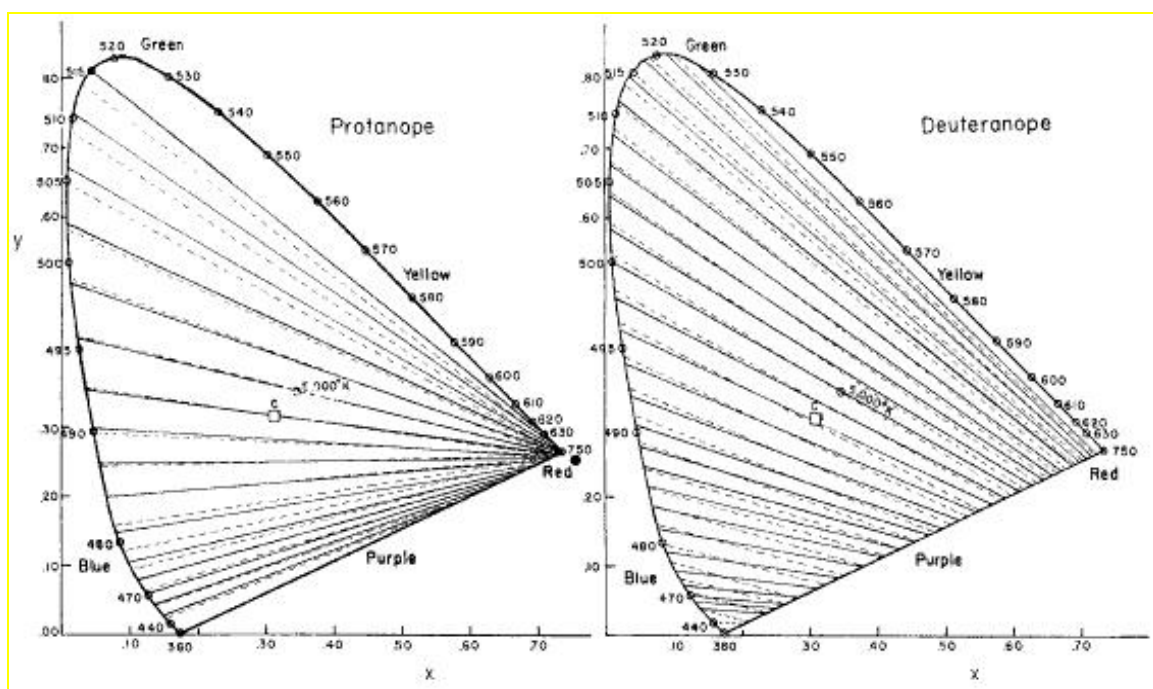
Ved å gjøre om X-, Y- og Z-koordinatene til kromatisitetskoordinatene (x, y) kan koordinatene plottes i et rettvinklet koordinatsystem. x og y er gitt ved følgende formler:

$$x = X / (X + Y + Z)$$

$$y = Y / (X + Y + Z)$$

$$x + y + z = 1$$

I kromatisitetsdiagrammet vil alle punkter som ligger på en rett linje trukket fra punktene  $x=1$  og  $y=0$  være metamere for deuteranoper (forvekslingslinjer). Tilsvarende punkter for protanoper er  $x=0,753$  og  $y=0,247$  [3] (se Figur 3)



**Figur 3** CIE kromatisitetsdiagram, med forvekslingslinjer for protanoper og deuteranoper.  
Figur hentet fra [3]



## 2.3 CMYK

Ved printing, plotting og trykking av farger brukes CMYK-fargerommet. CMYK er et akronym for Cyan, Magenta, Yellow og Key (sort). Ved blandinger av disse fargene kan man reprodusere en stort antall andre farger. I motsetning til CIE-systemet er CMYK et subtraktivt fargesystem, som bygger på absorpsjon av lys. Fargen øyet oppfatter er den resterende delen av lyset som ikke er absorbert på papiret. En blanding av magenta og gul resulterer i rød, magenta og cyan resulterer i blå, mens cyan og gul fører til grønn. Ideelt sett vil en blanding av cyan, magenta og gul generere en sort flate, men fordi det er svært vanskelig å lage fargepigmenter som er rene nok, bruker man i tillegg sort [4].



**Figur 4** Fargeblanding i CMYK-systemet. Bilde hentet fra [4].

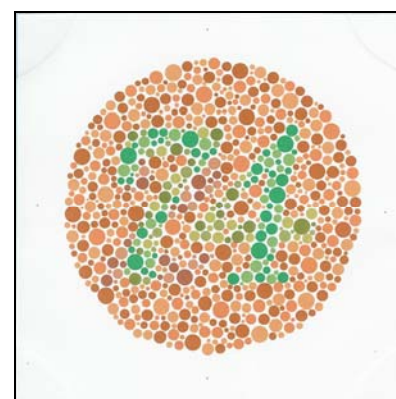
## 2.4 Fargesynstester

### 2.4.1 Generelt

Det finnes flere former for fargesynstester, alle med forskjellige bruksområder og fordeler. Felles for alle er at de må foretas under kontrollerte lysbetingelser. Under er en kort beskrivelse av de testene vi har gjennomført.

### 2.4.2 Ishihara

Ishihara-testen er en variant av den testen man normalt forbinder med fargesynstesting. Kort sagt består den av figurer, tall eller bokstaver bygget opp av små fargeflekker, kamuflert i områder med andre farger (se Figur 5). Den enkleste måten å lage en slik test på er å lage figurer som er synlige for personer med normalt fargesyn, men usynlige for personer med visse fargesynsdefekter. Ishihara-testen går noe lenger og inneholder også figurer som bare er synlige for personer med fargesynsdefekter [5]. Ved nøye utvalg av farger, kan man lage figurer som er usynlige eller synlige, bare for personer med én spesifikk fargesynsdefekt, og dermed fastslå type defekt. I

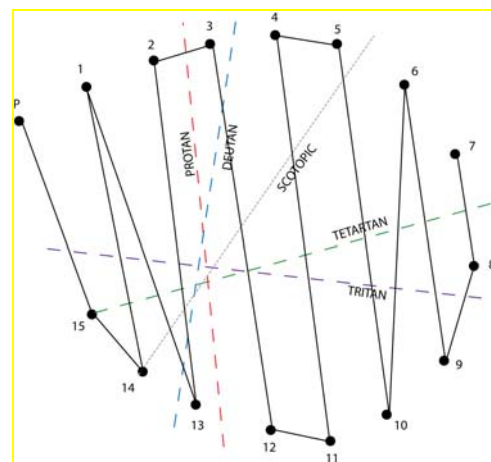


**Figur 5** Eksempel på plate fra Ishiharatesten. Bilde hentet fra [6]

virkeligheten står nøyaktigheten av Ishihara-testen tilbake for Lanthony-testen (se under).

### 2.4.3 Lanthony's desaturated 15 hue test

Lanthony-testen er designet for å identifisere rød-grønn defekter hos fargesvake. Testen inneholder 15 sirkulære fargeprøver, alle med samme fargemetning og lysstyrke, men med forskjellig fargetone. Fargeprøvene har nummer på undersiden, og en normaltseende vil plassere prøvene i riktig rekkefølge fra 1 til 15, hvis han blir bedt om å ordne de etter fargetone [7]. Personer med fargesynsdefekter vil rangere de med hopp fram og tilbake i nummerrekken, og hoppene gir en indikasjon på typen fargesynsdefekt (se Figur 6).



**Figur 6** Illustrasjon av et resultat i Lanthony-testen. I dette tilfellet en person som er protanop.

### 2.4.4 Skala

Skala er et dataprogram utviklet som masteroppgave i fysikk av Harald Eng Holck, designet for å kategorisere og kvantifisere gradene av fargesynsdefekter hos forsøkspersonen. Dette gjøres ved å måle tersklene for fargediskriminasjon i CIE-diagrammet [2]. Programmet bygger på prinsippet om at farger som ligger på en rett linje strukket fra gitte koordinater i CIE-diagrammet er metamere for personer med fargesynsdefekter (se Figur 3). Ved å vise fargefeltet på en dataskjerm, hvor fargefeltene og bakgrunnen ligger på samme rette linje i CIE-diagrammet, kan man endre vinkelen på linjen, og dermed bestemme forsøkspersonens forvekslingsfarger.

## 2.5 Fargebruk i dagliglivet?

### 2.5.1 Bruk av farge i produktdesign.

Farge spiller en viktig rolle i design av produkter [8]. Farger er med på å skille produktet fra konkurrerende merker, skape familiaritet, lede oppmerksomhet, fremheve/nedtone former eller funksjoner, vekke assosiasjoner hos brukeren og uttrykke mening. I tillegg gir farger produktet et bestemt uttrykk, sett fra et estetisk standpunkt. Form, tekstur,

materiale og omgivelsene (refleksjoner og lys) bestemmer hvordan fargen oppfattes. Farge er direkte knyttet til materiale, derfor blir valg av materiale og overflatebehandling avgjørende for fargevalg. I produktdesign er dette valget alltid bevisst, men grunnlaget for valget er ikke alltid så begrunnet som det burde være. Selv om ergonomi og brukervennlighet er sentrale aspekter ved design [9] handler også design om velge hva som skal og ikke skal være med i et produkt. Ergonomi og brukervennlighet kan føre til løsninger som er komplementære til løsninger med andre ønskede kvaliteter, for eksempel estetikk. Det kan argumenteres for at brukervennlighet har en viss estetikk i seg selv, men dette er noe mange designere ikke vil si seg enig i. Noen ganger må total brukervennlighet ofres for at produktet skal bli *godt*. Det er viktig å forholde seg til en brukergruppe og være klar på hvilke behov brukerne av det aktuelle produktet har.

### **2.5.2 Universell utforming**

Universell utforming tar for seg utforming av menneskeskapt miljø på en slik måte at alle skal ha lik mulighet til å benytte det. Både teori og praksis har vært fokusert på problemer knyttet til offentlige rom og bygninger, og med hensyn til personer med handikap i form av bevegelseshemming, synssvakhet/mangel, hørselssvakhet/mangel og mentale og kunnskapsrelaterte begrensninger [10]. Mindre fokuset har blitt lagt på produkter og personer med mindre alvorlige begrensninger.

### **2.5.3 De sju prinsippene for universell utforming**

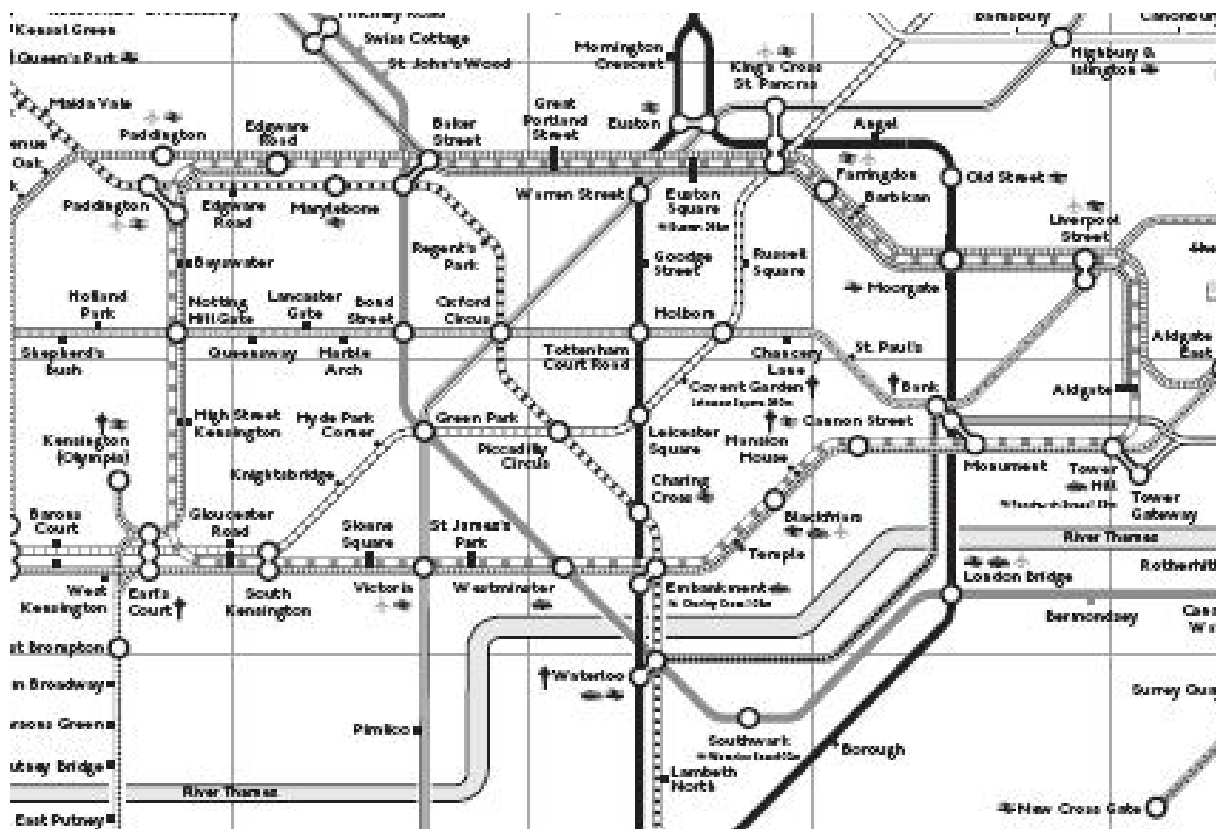
- Like muligheter for bruk
- Toleranse for feil
- Fleksibel i bruk
- Forståelig informasjon
- Lav fysisk anstrengelse
- Enkel og intuitiv i bruk
- Størrelse og plass for tilgang og bruk
- Farge i forhold til universell utforming.

Prinsippene for universell utforming [10] gir generelle retningslinjer for å tilpasse miljøer til alle, uavhengig av eventuelt handikap. Dessverre sier de lite spesifikt om fargebruk. I

prinsippet *forståelig informasjon* ligger det at: *Utformingen skal kommunisere nødvendig informasjon til brukeren på en effektiv måte, uavhengig av forhold knyttet til omgivelsene eller brukerens sensoriske ferdigheter* [10]. Dette omfatter også de med fargesynsdefekter, men gir ingen retningslinjer i forhold til fargebruk. Hva bør man gjøre for effektivt å kommunisere den informasjon som vanligvis ligger i fargekoding, til personer som har fargesynsdefekter? De fargene som for mennesker med normalt fargesyn er uproblematisk å skille mellom, kan for en person med fargesynsdefekt være helt umulig å se forskjell på. Dette kan føre til at den tilsiktede fargekodingen av et produkt, ikke fungerer. Eksempelvis vil bruk av rødt og grønt for å skille start og nødstoppe på en maskin, være ubrukelig for personer med noen fargesynsdefekter. Det heter seg derfor at man ikke bør bruke kun et virkemiddel for å skille essensielle funksjoner [11]. Et eksempel relatert til kollektivkart kan være å plassere linjenummeret ved siden av linjene på kartet. Noen ganger er det likevel ikke naturlig for designeren å legge til ekstra elementer, da dette kan påvirke hele designet signifikant. Det kan dessuten være at flere virkemidler ikke er mulig, eller ønsket, på grunn av brukskonteksten. Taktilitet har for eksempel lite for seg dersom brukeren ikke har mulighet til å berøre produktet, og lyd signaler gir ikke mening i et støyende miljø eller i et miljø der lyd ikke er akseptert.

Fargebruk er essensielt for design, og det nyttes ofte som virkemiddel i brukervennlighet. Det gjelder derfor å være bevisst på hvilke fargekombinasjoner som skaper problemer i forskjellige miljøer. Konteksten er veldig viktig for farge, siden farger påvirkes av lys, både gjennom belysning og materialbruk [1]. Dette betyr at designeren må ta hensyn til brukskonteksten ved valg av farger. Hvor produktet brukes, om det må fungere i forskjellige lysforhold, om disse lysforholdene påvirker fargene på produktet tilstrekkelig til at det blir et problem, er ofte glemte aspekter ved valg av farger i design. Dersom man ønsker at personer med fargesynsdefekter skal oppfatte alle aspekter i et produkt, må farger velges på en slik måte at de ikke kan forveksles. Dette viser seg å være vanskelig, da det finnes flere typer fargesynsdefekter, alle med forskjellige fargepaletter. I vårt tilfelle dreier det seg om forveksling av farger, og en bevissthet på hvilke farger som forveksles vil gjøre det mulig for designeren å ta hensyn til denne gruppen brukere. Designeren må likevel velge om han det hele tatt skal ta hensyn til

fargesynsdefekter, dersom disse hensynene i vesentlig grad reduserer brukervennligheten for normaltseende. I London har de eksempelvis laget et eget kart for personer med synsdefekter (se Figur 7).



Figur 7 Utdrag fra London Underground-kart i svart/hvitt. Laget for svaksynte og personer med fargesynsdefekter. Bilde hentet fra [12]

Hvis muligheten foreligger kan man selvsagt vurdere å benytte andre virkemidler for å kommunisere den ønskede informasjonen, men som nevnt er ikke det alltid ønskelig. Mange designere vil trekkes mot å forenkle produktenes kommunikasjon for at den skal bli så klar som mulig. Det å overdrive med virkemidler kan ofte bli oppfattet som en dårligere eller uraffinert løsning.

### 3 Testing og utførelse

Herunder beskriver vi kort hvordan vi gjennomførte testing av farger brukt i ulike kart, hvordan vi kom frem til de ulike fargesynsdefektene i testpanelet, samt de testene vi laget for at testpanelet skulle kunne hjelpe oss med å svare på problemstillingen om hvordan utforme T-bane- / busskart med tanke på folk med fargesynsdefekter.

### **3.1.1 Fargene vi har sett på**

Gjennom å kontakte Grethe Opsal i Team-Trafikk har vi fått tak i CMYK-kodene som er brukt på busskartet i Trondheim. Sivilarkitekt Truls Lange, som har designet T-banekartet i Oslo, har gitt oss fargekodene han har brukt, og fargekodene til London Underground har vi funnet på hjemmesiden til Transport for London [13]. For lettere å kunne måle fargene i CIE-systemet har vi brukt CMYK-kodene til å lage større rektangulære felter i Adobe Illustrator. Disse har vi fått trykket på Øien & Indergaard trykkeri i Trondheim. Det ville kanskje vært naturlig å bruke originalversjoner av kartene til å gjøre fargemålinger, men linjene er så tynne at det er vanskelig å gjennomføre en direkte måling. Utstyret vi har tilgjengelig krever en viss størrelse på feltene det måles på, og dessuten vil overlappende og langsgående linjer kunne påvirke fargemålingen. Å bruke internettversjoner av kartene til å finne fargekodene er ikke tilfredsstillende, da disse er designet for nettopp å vises på en PC-skjerm. RGB-fargesystemet som brukes til dette vil i de aller fleste tilfeller vise andre farger enn de som brukes på trykk. Ideelt sett burde vi brukt Pantone Matching System [14] for å trykke fargene. Disse er oppgitt i [13], og hadde sannsynligvis også vært tilgjengelig fra Team Trafikk og Oslo Sporveier. Ulempen er at vi da måtte få trykket fargene på et offsettrykkeri. Øien & Indergaard har ikke dette, og ville uansett konvertert Pantone til CMYK før printing. Offset er dyrt, og for vårt formål er CMYK-printing, på gode printere, tilfredsstillende nok.

### **3.1.2 CIE-Målinger**

Fargene vi fikk trykket på Øien & Indergaard ble limt på papp og skjært til kvadrater med størrelse 3x3cm. Vi lagde et målingsoppsett under kontrollerte lysbetingelser på synsforskningslaboratoriet ved institutt for fysikk. Lyset som ble brukt etterligner dagslys, og har en høy fargegjengivelsesindex. Mårt på hvit diffuserende flate var luminansen 356 cd/m<sup>2</sup> og kromatisitetskoordinatene  $x=0,398$   $y=0,387$ . Spectrascan PR650 ble brukt til å fastsette luminans og kromatisitetskoordinater på målingene. Ved å trekke linjer fra konvergenskoordinatene (se Figur 3) fant vi farger som deuteranoper og protanoper har vanskelig for å skille (se Vedlegg D).

### **3.1.3 Fargesynstesting**

Vi testet til sammen 10 personer. Noen fikk vi kontakt med gjennom Arne Valberg, da disse hadde blitt testet tidligere. Andre kontaktet oss, etter at vi hengte opp plakater på

universitetsområdet. I tillegg til å gjennomføre tester direkte relatert til kollektivkartfargene, har vi lagt vekt på å grundig teste hva slags fargesynsdefekt de har. Dette både for å forvise oss om at de faktisk har fargesynsdefekter, og for å knytte forvekslingene på kollektivkartfargene opp mot defekttype.

Vi delte fargesynstestingene opp i 5 deler:

- Test 1* Vi gjennomførte både Ishihara, Lanthony, og Skala testen for å bestemme type fargesynsdefekt.
- Test 2* Vi la alle fargene fra Oslo, Trondheim og London hver for seg og bad forsøkspersonene plukke ut farger de hadde problemer med å skille fra hverandre
- Test 3* Vi spurte forsøkspersonene spesifikt om de kunne se forskjell på fargene som ifølge CIE-målingene skulle være vanskelig å skille.
- Test 4* Forsøkspersonene ble bedt om å utheve områder på kartene hvor fargebruk eller designen gjorde leseligheten vanskelig.
- Test 5* Vi bad forsøkspersonene om å finne 10 farger, fra Trondheim, Oslo og London tilsammen, som de klart kunne skille fra hverandre.

Testene ble gjennomført under samme belysning som CIE-målingene, på synsforskninglaboratoriet ved fysisk institutt på NTNU.

## 4 Resultater

### 4.1 Fargesynstester

Tabellen under viser resultatene fra fargesynstestene. Alle de ti testpersonene er menn. Se Vedlegg B for en mer fulstendig beskrivelse av resultatene fra test 1.

Testperson	Diagnose
1	Protanomal og Deuteranomal
2	Deuteranomal
3	Ikke entydig svar, trolig deuteranomal
4	Protanomal og Deuteranomal
5	Mild Deuteranop
6	Usikkert, mulig deuteranop - bør testes mer
7	Protanop
8	Deuteranomal
9	Svak Protanomal
10	Protanomal og Deuteranomal

### 4.2 Kartene, fargene og forvekslingsmuligheter (Resultater Test 2, 3 og 4)

Her vil vi gå gjennom resultatene fra testing av kartene, test 4, sett i lys av testresultatene fra test 2 og test 3. I test 2 og 3 ble fargebrikker i størrelse 3x3cm fra hvert enkelt kart lagt frem for testpersonene i den hensikt at de skulle plukke ut farger som var like og for å kontrollsjekke farger som etter CIE-målingene utgjorde et forvekslingspotensial. For skjematisk fremstilling se Vedlegg C.

#### 4.2.1 Oslokartet

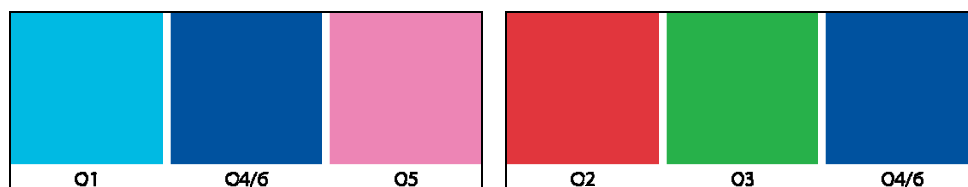
CIE-målinger av fargene til Oslo T-bane kart viste at linje O2 og O3 kunne by på problemer for mennesker med protanop og deuteranop fargesynsdefekt. Resultatene fra test 3 viser at bare 20% har problemer med disse to. Testperson 7 ser bare forskjell på lysheten, og ikke fargen, mens testperson 4 får problemer når fargene leses på litt avstand (ca 1,5 m). Test 4 (se Vedlegg E) viser likevel at ingen av testpersonene har



vesentlige problemer med dette kartet. Generelt kommenteres det svært positiv, blant annet på grunn av de hvite feltene mellom linjene. Utover dette sier testperson 1 han har problemer med linje O1 når den blir tynn. Testperson 2 synes det er matte farger og ønsker seg gul og svart. Han sier det også er for mange blåfarger og kommenterer at det er for liten kontrast mellom rosa og lyseblå. Testperson 7 ser kartet godt, men kommenterer at den rosa linjen O5 ser grå ut. Ellers får kartet kommentarer som: *Bra kart! Kraftige farger. Klart og tydelig!*

### Kommentarer til test 2

Testperson 1 og 4, begge protanomale & deuteranomale, hadde problemer med å skille enkelte av fargene på Oslokartet fra hverandre når fargene ble presentert som fargebrikker. Det må bemerkes at selv om disse to personene har samme type fargesynsdefekt hadde de ulike farger de oppfattet som like. Under vises de kombinasjonene som testpersonene så som samme farge:



**Figur 8** Fargene til venstre oppfattes som like av testperson 1, mens fargene til høyre forveksles av testperson 4

Merk her at fordi linjene O1 og O5 har samme omtrent samme lyshet, har de lett for å oppfattes som samme farge for en med fargesynsdefekt (se Figur 8).

### 4.2.2 Trondheimskartet

CIE-målinger av fargene til Trondheim busskart viser at det er to linjer som kan skape problemer for personer med deuteranop eller protanop fargesynsdefekt – dette gjelder linjene T8 og T4. Disse to linjene er begge gule, og 70% av testpanelet har problemer med å skille disse. I dette kartet viste CIE-målingene også at det var 3 par med linjer som kunne være vanskelige for protanoper. Dette gjelder linjene T5 og T6, T2 og T9, og linjene T3 og T11 (se Vedlegg A for fargekoder).

- Alle i testpanelet så forskjell på linje T5 og T6. Testperson 4 kommenterer at denne kombinasjonen er grei så lenge avstanden er kort og fargefeltene store.
- Linje T2 (grå) og T9 (grønn) testpersonene 1, 4, 5 og 7 problemer med å skille. I tillegg mener testperson 10 at det er en uheldig kombinasjon, selv om han klarer å se forskjell.
- 90% av testpanelet greier å skille fargene i linje T3 og T11 bra. Testperson 1, som er protanomal & deuteranomal, ser bare en gråhetsforskjell og ikke en fargeforskjell.

I test 4 får Trondheimskartet ros for at de har merket linjene med nummer. Merking av linjene gjør det enklere å finne igjen linjene når man ikke vet hvilken linje som er hvem. På den negative siden er det flere som kommenterer at det er fargekaos ut fra Sentrumsterminalen. Her har testperson 10 problemer med finne igjen linjene T7 og T54 etter at de har passert. Det er hele 11 linjer som passerer terminalen, men testperson 2 oppfatter bare fire forskjellige farger på linjene. En deuteranomal, testperson 1, klarer bare skille ut den blå og gule linjen som går ut fra terminalen.

Flere i testpanelet har problemer med å skille linje T9 (grønn) fra de tosifrede linjene T2 (grå), mens testperson 1 har problemer med å skille linje T5 (rød) fra de tosifrede linjene T2. Testperson 1, protanomal & deuteranomal, kommenterer også at linje T7 (rosa) og linje T11 (lilla) flyter sammen, mens testperson 5, mild deuteranop, ser linje T9 (grønn), linje T11 (lilla) og de tosifrede linjene T2 som samme farge. Kort kan vi dermed konkludere med at disse linjefargene ikke bør ligge i samme område:

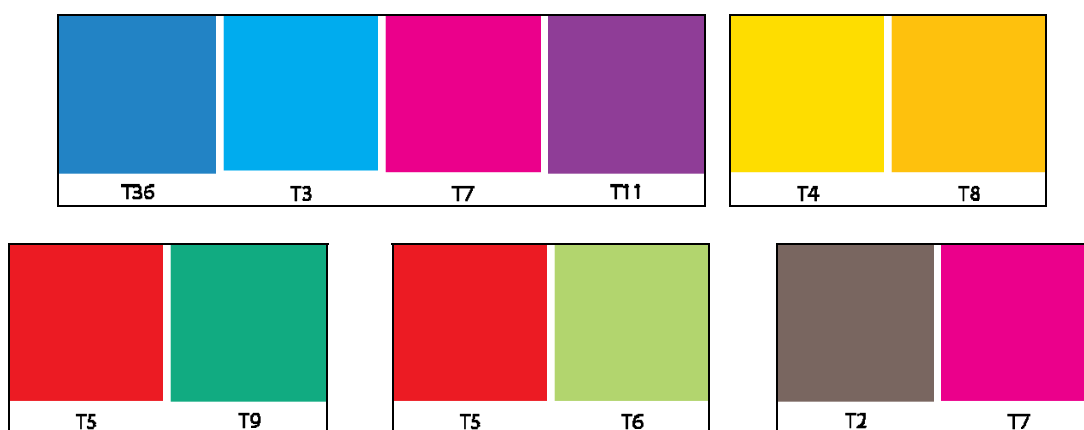
- Linje T5 (rød) og T2 (grå).
- Linje T9 (grønn) og T2 (grå).
- Linje T9 (grønn) og T11 (lilla).
- Linje T7 (rosa) og T11 (lilla).
- Linje T7 (rosa) og T2 (grå).

#### **Kommentarer til test 2**

3 av testpersonene, testperson 1, 4 og 7 hadde problemer med å skille fra hverandre fargene brukt på T7 og T11. Disse tre, sammen med testperson 5, hadde også

problemer med å skille fargene brukt på T2 og T9. Testperson 5 hadde i tillegg problemer med å skille linjene T2 og T7.

Testperson 4 (protanomal & deuteranomali) mente linjene T5 og T6 var vanskelig å se forskjell på når avstanden til brikkene var lang. Testperson 1, med samme diagnose, så hele fire av fargene som samme farge. Dette gjaldt fargene brukt på T3, T7, T11 og T36. Det kan i denne forbindelse kommenteres at alle testpersonene syntes det var vanskelig å skille begge de to blå linjene T3 og T36 ettersom det er for liten forskjell i lysheten på disse. Flertallet av testpersonene mente også dette var gjeldende også for de to gule linjene T4 og T8.



**Figur 9** Disse kombinasjonene på trondheimskartet var vanskelige å skille for våre testpersoner.

### 4.2.3 Londonkartet

CIE-målinger av fargene til London Underground viste flere kombinasjoner som kunne være vanskelige for fargesynsdefekte. For deuteranoper vil linjekombinasjonene L11 Metropolitan (mørk burgunder), L8 Hammersmith (rosa) og L10 Jubilee (grå) være vanskelige, samt kombinasjonene L2 Bakerloo (brun), L7 East London (mørk gul), L3 Circle (lys gul) og L4 Central (rød) (se Vedlegg A for fargekoder). For protanoper vil L10 Jubilee (grå) og Lb Waterloo (lys grønn) være vanskelige. Våre testpersoner kommenterer at følgende kombinasjonene var problematiske (se også Vedlegg D):

- Testperson 1, 4, 8 og 10, alle med deuteranomale fargesynsdefekter, oppfatter L8 og L10 som problematiske hvis svakt lys eller mindre fargefelter enn det vi brukte i testen.

- To testpersoner, 8 og 10, har problemer med å skille linjene L4 og L7. Testperson 8 hadde også problemer med linjene L2 og L3. Testperson 4 hadde problemer med alle disse fire fargene på lengre avstand.
- Testperson 1, 2, 3 og 7 har problemer med å skille linjene L10 og Lb. Merk likevel at denne prosenten kan være høyere, ettersom feil under testingen gjør at det er knyttet stor usikkerhet til dette resultatet. Det ble ved en feil vist Trondheim Bakgrunn istedenfor Lb Waterloo. Dette gjelder testperson 4, 6, 10 og muligens 5.

Londonkartet får bedre skussmål enn trondheimskartet i test 4, karttesten. Blant annet har det tykkere streker og noen mener også de har mer markante og kontrastfylte farger inntil hverandre. Fem stykker har likevel problemer med enkelte linjer. Når disse linjekombinasjonene krysser hverandre vet de ikke hvilken linje som går hvor, ettersom dette kartet ikke har merket linjene med annet enn farge. Dette gjelder linjene:

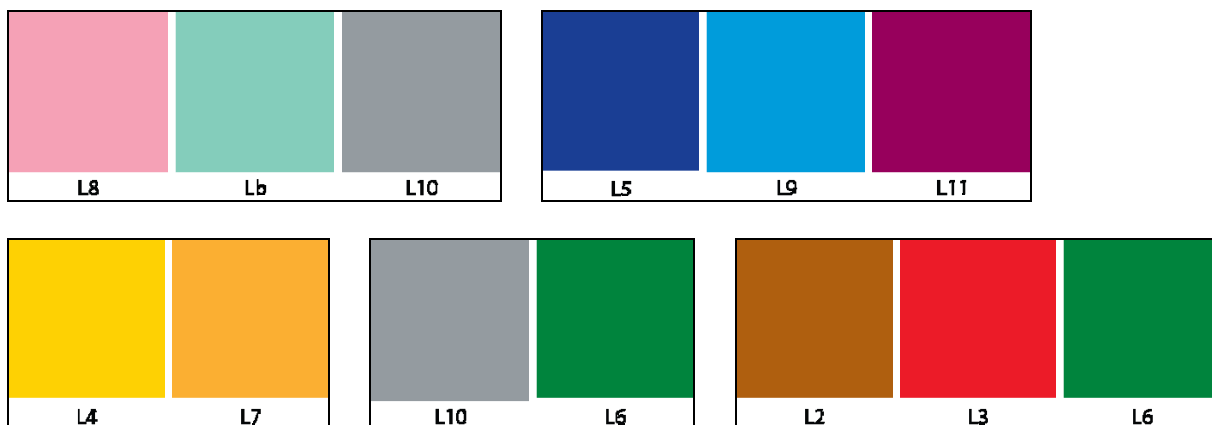
- Bakerloo L2 (brun), Central L4 (rød) og District L6 (grønn)
- Bakerloo L2 (brun) og Metropolitan L11 (mørk burgunder)
- Northern L1 (svart) og Metropolitan L11 (mørk burgunder)
- Piccadilly L5 (mørk lilla) og Metropolitan L11 (mørk burgunder)
- Piccadilly L5 (mørk lilla) og Northern L1 (svart)

### **Kommentarer til test 2**

Testperson 1, 3, 4, 8 og 10 forveksler Lb Waterloo (lys grønn) med andre farger. Det bør bemerkes at disse er enten deuteranomale eller protanomale & deuteranomale. Fargene de forveksler den med er L8 Hammersmith (rosa) og/eller L10 Jubilee (grå). Det er kanskje ingen overraskelse at disse fargene har omtrent samme lyshet. Samme testpersoner forveksler også de to gule fargene, L4 Circle line og L7 East London. Disse fargene er svært like de gule linjene T4 og T8 fra trondheimskartet, og er også her en uheldig kombinasjon. Testperson 5 forveksler L10 Jubilee (grå) med L6 District line (grønn).

Testpersonene 1, 4, 5 og 7 forveksler L3 Central line (rød) med andre farger. Testperson 1 og 7 forveksler L3 Central line med både L2 Bakerloo line og L6 District line.

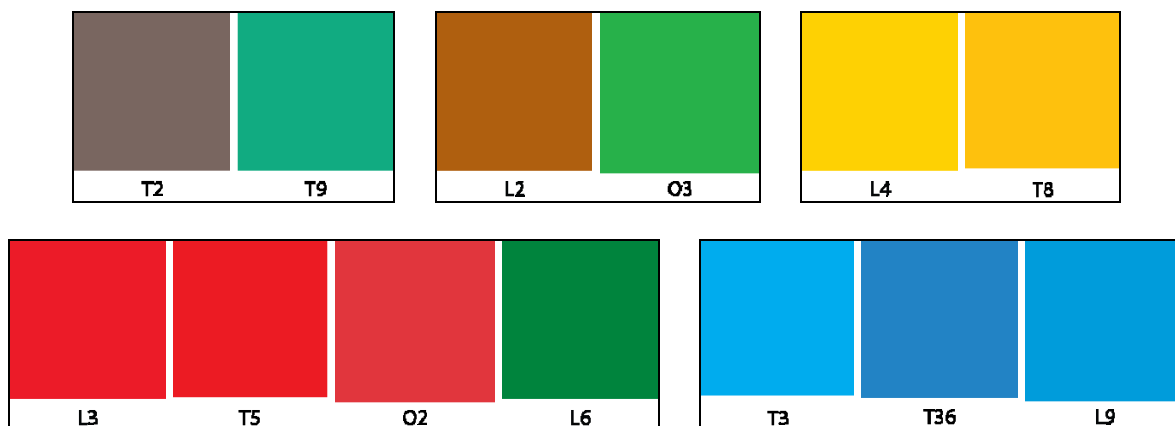
Testperson 5 forveksler den bare med L2 Bakerloo, mens testperson 4 bare forveksler den med L6 District line. Testperson 1 ser fargene brukt på L5 Piccadilly, L9 Victoria og L11 Metropolitan som samme farge.



**Figur 10** Disse fargekombinasjonene fra Londonkartet hadde våre testpersoner problemer med å skille fra hverandre.

### 4.3 Farger som er like for testperson 7

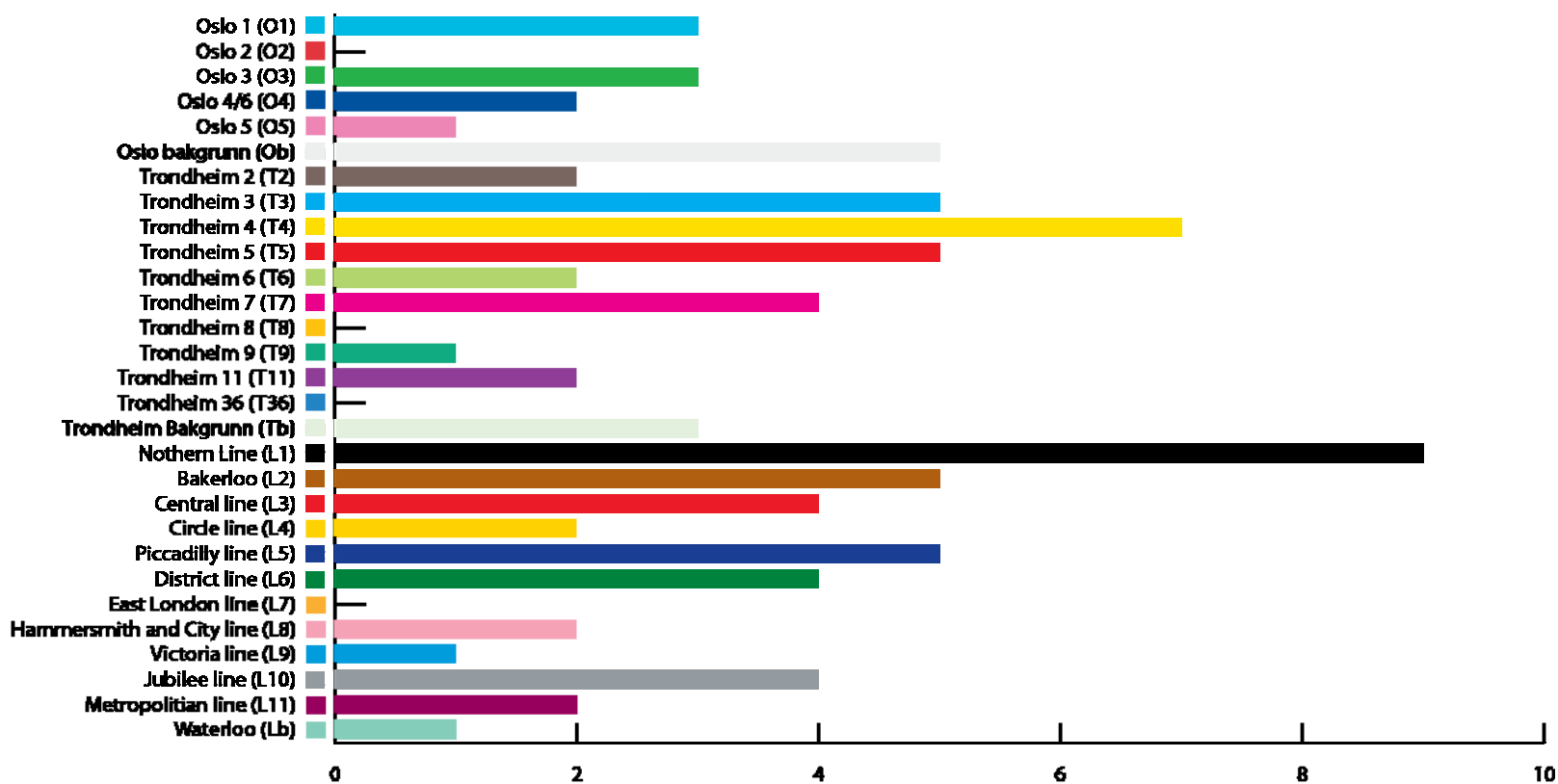
Testperson 7 er protanop, og oppfatter trondheimslinjene T2 og T9, henholdsvis en grønn og grå farge som helt like. Det samme gjelder den brune fargen til Bakerloo line L2 og den grønne fargen til O3. Denne personen oppfatter også den grønne linjen til District line L6 og de tre fargene til Central line L3, O2 og T5 som samme farge. Mindre bemerkelsesverdig er det at denne testpersonen ser farger med nesten samme refleksjonsfaktor som svært like og uheldige farger å bruke i samme kart. Vi vil gjerne presisere at vi anbefaler å bruke større innbyrdes forskjell i lyshet mellom farger med omtrent samme fargetone, enn det er mellom de ulike gule og blå fargene vist under.



**Figur 11** Fargene gruppert ovenfor er farger testperson 7 hadde problemer med å skille

#### 4.4 Farger som er lette å skille (Resultater Test 5)

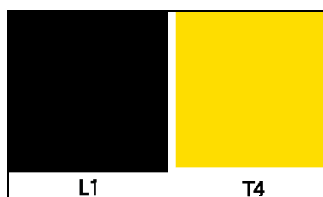
Vi har her testet alle fargene som er brukt i T-banekartene til Oslo og London, samt fargene brukt i busskartet til Trondheim. Til sammen utgjør dette 29 farger – disse er alle forskjellige, men flere av dem tilhører samme fargetype og har tilnærmet samme lyshet, eksempelvis gul og litt mørkere gul. Resultatene etter at 9 personer ble bedt om å plukke ut 10 farger de klart kunne skille fra hverandre er vist i Figur 12.



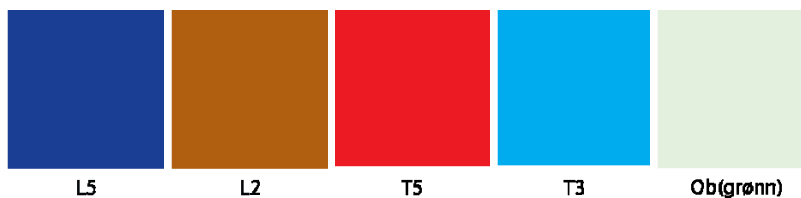
Figur 12 Figuren viser hvor mange ganger de forskjellige fargene ble foretrukket av testpersonene i test 5.

### De 11 mest foretrukne fargene.

Northern line (L1) er den eneste fargen som er foretrukket av alle personene. Som en god nummer to med 78% er den gule fargen T4 (se Figur 13). Fem farger, T3, T5, Ob(grønn), L2 Bakerloo og L5 Piccadilly line, ble foretrukket av 56% av testpanelet (se Figur 14). De fire fargene (vist i Figur 15) T7, L3 Central, L6 District og L10 Jubilee ble foretrukket av 44%.



**Figur 13** Northern line L1 og T4 ble foretrukket av henholdsvis 100% og 78%



**Figur 14** Fargene vist over ble foretrukket av 56% av testpersonene.



**Figur 15** Fargene vist over ble foretrukket av 44% av testpersonene.

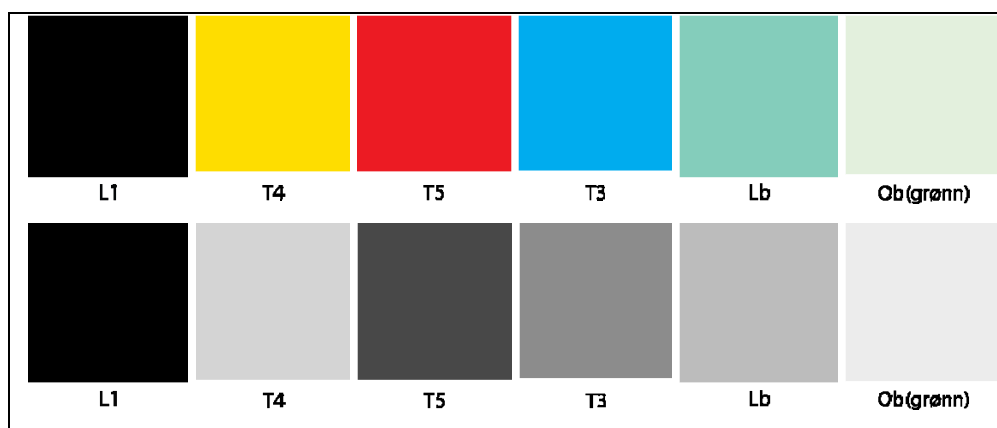
Av disse 11 fargene, ble fire farger inkludert (sammen med de andre 7) av personer med deuteranope fargesynsdefekter. Dette er fargene Ob(grønn), Central line L3, District line L6 og Jubilee line L10. Merk at to av disse fargene, Central line L3 og District line L6, er farger som en protanop vil ha problemer med å skille. Det kan også kommenteres at Bakerloo line L2 også er en vrien farge for protanomale som sliter med grønne og røde farger. De syv andre fargene, vist ovenfor, ble foretrukket av personer fra begge fargesynsdefektkategoriene protanop og deuteranop.

#### 4.4.1 Generelle kommentarer til farger i kart

Velg kun én gul farge i kartet. En gylden regel kan være å sørge for distinkt lyshetsforskjell på fargene, særlig ved like kulører. De samme gjelder for enkelte andre fargekombinasjoner, som av enkelte blir oppfattet som samme farge, eksempelvis:

- Brun, rød/rosa og grønn
- Grå, rød/rosa og grønn
- Blå, lilla, rød, rosa og grønn

Vi kan med bakgrunn fra testene våre si at fargene vist i Figur 16 under, med rimelig stor trygghet er adskillbare for personer med fargesynsdefekter. Vel å merke om du ikke lar de grønne og blå fargene krysse eller ligge ved siden hverandre.



**Figur 16** Fargene vist over kan med stor sannsynlighet skilles av personer med fargesynsdefekter. Vi viser også fargene i svart/hvitt, for å gi en grov indikasjon på at disse fargene har stor innbyrdes forskjell i lyshet.

## 5 Diskusjon

I dette kapittelet vil vi diskutere sammensetningen av testpanelet, gjennomføringen og nødvendigheten av fargesynstestene, utarbeidelsen og gjennomføringen av egne tester, fargereproduksjon og måling, samt bruken av farger i kart og kartenes forbedringspotensial.

### 5.1 Testpanelet

Testpanelet har bestått av ti personer. Alle disse er testet for fargesynsdefekter. Fra teorien [1] har vi at 8% av alle menn har en form for fargesynsdefekt, mot bare 0,45%



kvinner. Cirka 5% av menn lider av deuteranomali [2] og de resterende 3% av andre fargesynsdefekter. Slik sett er det ikke overraskende at vårt testpanel har en overvekt av deuteranomale.

I vårt testpanel har 80% av testpersonene deuteranomale fargesynsdefekter, mens de resterende 20% er protanomale. Mer spesielt er det at 30% av testpanelet har en blandingsdefekt og har fått diagnosen deuteranomali & protanomali. Med dette menes at personene har tre tapper, men at både L- og M-tappene avviker fra det normale. I følge fysikkprofessor Arne Valberg er det sjelden å finne slike personer, noe som kan være en indikator på enten at vi har vært heldige med vårt testpanel eller at vi ikke har vært gode nok på vår gjennomføring av testene. Til vårt forsvar kan det sies at Valberg bisto oss ved flere av testene, inntil han var sikker på at vi klarte dette selv. Han var blant annet med på å teste og komme frem til diagnosen deuteranomali & protanomali på den ene testpersonen. Dette burde være en indikator på at vi har gjennomført testene riktig og vi ser det som sannsynlig at disse 30% det gjelder er deuteranomali & protanomale.

To av testpersonene våre, testperson 3 og 6, burde kanskje vært grundigere testet. Det var tydelig at disse personene hadde fargesynsdefekter (muligens deuteranomali), men testresultatene var ikke entydige. Slik sett burde vi tatt disse personene inn igjen og gjort fargesynstestene på nytt, så vi kunne funnet en sikrere diagnose. I denne sammenheng kan det bemerkes at usikkerheten tilknyttet testperson 6 er delvis grunnet at denne personen ikke fikk gjennomført Skala-testen og delvis grunnet Ishihara testen hvor resultatet viste normaltseende. Det bør også bemerkes at testpersonen brukte usedvanlig lang tid på å komme frem til dette resultatet. Vi forsøkte å kalle denne personen inn igjen, men fikk ingen respons. Hva gjelder testperson 3 er usikkerheten knyttet til hvorvidt vi skal definere personen som deuteranomali eller ikke. Personen "tuller" med farger og har svake tendenser til deuteranomali, men burde vært testet langt mer for å fastslå dette helt sikkert.

NTNU har 20 000 studenter hvorav er 52% mannlige studenter [15]. Dette tilsier at det på NTNU skal være cirka 832 mannlige studenter med fargesynsdefekter. Av disse vil cirka 520 være deuteranomale, mot cirka 43 kvinnelige studenter med

fargesynsdefekter. Slik sett er det ikke underlig at vårt testpanel består av bare menn, ei heller ikke at det i hovedsak er deuteranomale i testpanelet. Det burde vært mulig å få et større testpanel enn hva vi hadde, men trolig bør da tiden hvor man etterspør testpersoner være lengre enn vår (2 uker) og lokkemidlene bedre enn boller og brus. Slik sett sier vi oss fornøyd med det testpanelet vi fikk både med hensyn til antall personer og fordeling mellom protanomale og deuteranomale.

## **5.2 Fargesynstesting**

Vi gjennomførte tre ulike fargesynstester; Ishihara, Lanthony og Skala. Disse ble gjennomført med samme belysning til enhver tid og slik sett anser vi resultatene som sikre.

Sett bort ifra usikkerheten ved personene beskrevet over, er vi godt fornøyd med kvaliteten på testene. Lanthonytesten finnes også i en utgave hvor det brukes 100 farger, istedenfor 15 som vi har brukt, men vår test burde være tilstrekkelig. Ishiharatesten er regnet for å være noe usikker [2], men sammen med Lanthony og Skala-testen er våre personer testet svært grundig.

Ishihara testen ble brukt som en indikator på hvorvidt forsøkspersonene klarte å se farger på lik linje med normaltseende eller ikke. Her kan det kommenteres at ingen av testpersonene ble klassifisert som normaltseende. Deretter ble Lanthony brukt som en indikator på hvorvidt diagnosen fra Ishihara testen var rett eller ikke, og som en kartlegging av hva vi burde se nøyere på i Skala-testen. Disse to siste testene har til sammen utgjort et godt grunnlag for å fastslå fargesynsdefekter hos testpersonene og vi anser slik sett disse resultatene for å være pålitelige.

Eventuell usikkerhet er slik sett i hovedsak knyttet til menneskelig svikt. Vi som gjorde testene har mulig avveket litt i vår måte å gjennomføre disse på. Dette skal i utgangspunktet ikke innvirke på resultatene, men usikkerheten er der likevel. Ved Ishihara og Lanthonytesten forteller man testpersonene på forhånd hvordan testen forløper. Ulike formuleringer blant oss som guidet testpanelet vil kunne gi ulik

tilbakemelding fra testpersonene. Dette innvirker ikke på hva de ser og ikke ser, men vi merket under testingen at det er svært forskjellig hvordan testpersonene reagerer under testene. Noen brukte svært god tid, men andre ikke brukte mer tid enn høyst nødvendig. Vi anser ingen av de nevnte usikkerhetsmomentene som store, og siden vi har gjennomført tre forskjellige tester, er vi fornøyd med resultatene.

### **5.3 Egne tester**

Vi utarbeidet tester for å få opplysninger om testpanelets oppfattelse av kartene og fargene brukt i dem (se 3.1.3 Fargesynstesting). Noen av disse testene kunne nok vært bedre utformet. Blant annet kunne vi ha gjort en forsøks-test, før vi gjennomførte full fargesynstesting på panelet. En slik pretest kunne avdekket forbedringspotensialer. Under testingen oppdaget vi for eksempel at fargebrikkene på 3x3 cm var for store for å bruke på testpersonene. Brikkene trengte å være store for at vi skulle få gjennomført fargemålinger i CIE-systemet, men de burde kanskje vært mindre når vi presenterte de for testpanelet.

Flere testpersoner påpekte at de ikke hadde problemer med å se forskjell på farger når brikkene var så store, og at det var lett å se forskjell på så kort avstand. Dette tilsier at vi muligens hadde fått avdekket flere fargeforvekslinger om vi hadde brukt mindre fargefelter, eksempelvis strimler med en tykkelse på maks 0,5 cm. Om vi ser positivt på det kan vi si at de forvekslignene vi nå har avdekket, definitivt er problematiske for personer med fargesynsdefekter, nettopp på grunn av at vi har brukt så store fargefelter. Ut i fra dette regner vi resultatene fra testene på fargesynsdefekte som pålitelige. Klarer ikke testpersonen å skille disse fargene når fargefeltene er så store, klarer de heller ikke å skille dem på et kart.

Karttestene ble gjennomført ved å fremlegge kart i A3 størrelse. Dette var ikke originalkart og fargegjengivelsen kan dermed avvike noe fra faktiske forhold. Resultatene fra denne testen inneholder derfor en viss usikkerhet, men vi mener likevel at testen er en god indikator. Om fargegjengivelsen ikke er helt riktig vil selve bildet av linjene og kryssninger – den rent stilistiske fremstillingen av kartet være lik faktiske

forhold. Det var vel også hovedsakelig av denne grunn vi gjennomførte karttesten ettersom kart kan utformes på forskjellige måter. Selvsagt var vi ute etter å teste lesbarheten med tanke på fargene i kartene også, men disse hadde vi testet godt før karttesten og det ble dermed ikke hovedfokuset i denne testen. Vi fokuserte mer på hvorvidt testpersonene klarte å skille og følge linjer og hvor godt de klarte å orientere seg på kartene.

#### **5.4 Usikkerhet i fargereproduksjon og fargemåling**

Det er vanskelig å gi noe kvantitativt mål på usikkerheten i fargegjengivelsen, uten å måle fargekoordinatene direkte på kartene. Vi vil derfor kun kvalitativt beskrive usikkerhetsmomentene. Vi går ut i fra at fargekodene vi har fått er korrekte, og vi starter derfor med rene farger uten usikkerhet. Ettersom det vi fikk trykket ble sendt til Øien & Indergaard som pdf-dokumenter, laget i Adobe Illustrator, kan vi også anta at fargene vi sendte til dem var korrekte. Usikkerheten ligger i trykkingen, papirkvaliteten, fargemålingsapparatet og lyssettingen. Printerene og papiret hos Øien og Indergaard holder svært høy kvalitet, og selv om alle printere gir forskjellige resultater er dette så nært vi kommer, uten offsetprint. Vi vet dessuten ikke hvordan de originale kartene er trykket, helt korrekt fargegjengivelse kunne vi bare fått ved å bruke samme trykkeri som kollektivselskapene.

Fargemålingen ble gjort på synsforskningslaboratoriet ved Institutt for Fysikk, belyst av lysstofflys med høy fargegjengivelse som etterligner dagslys. CIE-målingene blir påvirket av lyset de blir gjennomført under, men her er det egentlig et definisjonsspørsmål om dette gir usikkerhet, eller om det kun begrenser målingenes universalitet. Det viktigste er å ha en lyssetting som vi kan holde konstant under alle målingene. I praktisk bruk er kartene belyst på mange forskjellige måter, som alle gir forskjellige fargenyanser. Vi valgte dagslysetterligning, noe som ofte er tilfellet på bussene i Trondheim og T-banen der den går over jorden. Lysstofflys brukes på T-banestasjonene under jorden, og på vogner og busser når det ikke er dagslys. Våre målinger og tester har størst gyldighet for kart belyst av dagslys, men bør i stor grad gjelde også for andre belysninger.

## 5.5 Fargebruken i kartene vi har sett på

Testene vi har gjennomført viser store forskjeller på kartene hva gjelder lesbarheten for personer med fargesynsdefekter. Vi har både testet direkte om det er noen farger som ikke lar seg skille, og spurt testpersonene om det er enkelte områder på kartet som byr på problemer.

### 5.5.1 Oslo

Det er bred enighet blant testpersonene om at T-banekartet i Oslo er det som fungerer best, både på grunn av fargebruk og design. At kartet har det minste antall linjer av kartene vi har sett på gjør

det selvsagt mer lesbart, men designeren skal likevel ha ros for å ha valgt farger som er lette å skille fra hverandre. CIE-målingene viste at linje 2 Østerås og linje 3

Sognsvann, henholdsvis rød og grønn linje, kunne by på problemer for personer med

fargesynsdefekter. To av

våre testpersoner hadde da også problemer med å skille disse når de fikk de presentert ved siden av hverandre. En mulig forbedring hadde kanskje vært å bytte om fargene på linje 1 Frognersteraen, og linje 3 Sognsvann. Linjene ville fortsatt løpt parallelt i et område, men de ville ikke ligget helt ved siden av hverandre. Våre testpersoner sier likevel at selv om linjene går parallelt på kartet, er det uproblematisk i skille de fra hverandre. Vi tilskriver dette et rent og godt design. At linjene har hvite rammer er en annen detalj som gjør lesbarheten bedre. (se Figur 17)



Figur 17 Forminsket utgave av T-banekartet i Oslo. Figur hentet fra [16], se Vedlegg F for større versjon.

### 5.5.2 London

T-banekartet i London er kanskje verdens mest kjente kollektivkart. Det ble designet av Harry Beck i 1931, og den sparsomme, fargekodede designen er kopiert på kollektivkart

verden over [17], åpenbart også i Oslo (se Figur 17). Grunnideen, å forstørre de sentrale områdene og gå vekk fra en geografisk korrekt fremstilling, er like enkel som den er genial. Som Beck selv sa: “If you’re going underground, why do you need bother about geography? It’s not so important. Connections are the thing.” [18]

Kartet er riktignok forandret siden 1931. T-banesystemet i London har vokst kraftig, og antall linjer er nå oppe i 12. Dette er også Londonkartets største problem i vår kontekst. Med så mange linjer er det vanskelig å velge distinkte farger, også for normaltseende. Ifølge CIE-målingene er Metropolitan, Hammersmith og Jubilee, samt Bakerloo, East London, Circle og Central Line vanskelig å skille for deuteranope. For protanope er Jubilee og Waterloo-line problematiske. Ingen enkelt testperson hadde problemer med alle linjene på en gang, men sett under ett hadde testpanelet problemer med samtlige kombinasjoner.

Halvparten av testpersonene har problemer med å skille enkelte av linjene på kartet, spesielt der linjene krysser hverandre. Her kunne Londonkartet tjent på å ha rammer rundt linjene, som Oslokartet har. Dette gjør to kryssende linjer lettere å følge, selv om fargene på linjene ser like ut. Rammer ville også fjernet en av kartets skjønnhetsfeil, at den gule Circle Line endrer farge til mørkere gul der den løper parallelt med Metropolitan og Hammersmith og City-line. Dette er et eksempel på at farger preges av sine omgivelser [1].

### 5.5.3 Trondheim

Trondheimskartet er det av kartene vi har sett på som har klart størst designmessig forbedringspotensiale. Fargevalget er faktisk overraskende bra til i forhold til antall linjer, men halvparten av våre testpersoner sliter likevel med å skille de gule linjene 8 og 4, som også CIE-målingene forutser at vil by på problemer. Dette er to relativt like gule linjer, som også normaltseende vil kunne forveksle. Linje 9 og linjen merket *andre ruter* er det også halvparten av testpersonene som rapporterer problemer med. Disse linjene går parallelt noen steder i kartet, og dette virker forvirrende for de forsøkspersonene som sliter med å skille dem.

At linjene er merket med linjenummer med jevne mellomrom mente flere av testpersonene at var positivt. Dette gjør det lett å skille de fra hverandre hvis fargene er like. Flere testpersoner kommenterer også at den grå rundingen kalt *Sentrumsterminalen* er lite heldig. Her er det mange linjer som møtes, og som går ut igjen i omstokket rekkefølge. Hvis man skal følge en linje gjennom sentrumsterminalen, og ut i en annen retning, er dette vanskelig for personer med fargesynsdefekter.

## **5.6 Kart for fargesynsdefekte**

Når bare litt over 4% av befolkningen lider av en eller annen type for fargesynsdefekt, kan man stille spørsmål ved om det er hensiktsmessig å ta hensyn til denne gruppen. Teorien for universell design at 100% av befolkningen skal inkluderes, men dette er sjelden eller aldri tilfelle. Ofte tilrettelegges miljø og produkter slik at visse grupper blir inkludert. I praktisk, brukersentrert produktdesign snakkes det om å ta hensyn til 90% eller 95% av brukerne eller at grensene går ved øvre 5% og nedre 5%. Kun ytterst sjelden blir de ekstreme 5% i hver ende av fordelingen tatt med. Hvor mange produkter tar hensyn til de 5% høyeste, de 5% med lavest IQ, de 5% mest overvektige etc.? Det er mange grupper som aldri tas med. Dette har gjerne sammenheng med at brukerne av produktet ikke er definert som "alle", men bare som en gruppe med visse forutsetninger. Dersom man absolutt skal inkludere alle, går det gjerne på bekostning av noe annet. Beslutningen om hvem som skal inkluderes tas enten av designeren(e) eller oppdragsgiveren. Tar vi med i betraktningen at mange eldre lider av alders-relatert makuladegenerasjon [1], som også gir nedsatt fargesyn, er bør motivasjonen for å designe kollektivkart med tanke på folk med fargesynsdefekter være større. Hvor ansvaret ligger er et helt annet tema.

Et annet moment i denne sammenheng er hvorvidt man ikke skal ta hensyn hvis det er mulig. Gjennom våre undersøkelser har vi kommet frem til ulike fargekombinasjoner som er uheldig, samt ulike måter å designe kartene som påvirker lesbarheten. Når slik informasjon lar seg kombinere med god design er det ingen grunn til å ignorere denne gruppen.

## 6 Hvordan utforme kollektivkart med hensyn til fargesyndefekter?

Vi har, med bakgrunn i problemstillingen, kommet frem til noen konkrete retningslinjer for utforming av kollektivkart. Dette er anbefalinger vi mener vil gjøre kollektivkart mer tilgjengelig for personer med fargesynsdefekter, og som burde kunne implementeres uten å redusere lesbarheten for normaltseende.

- Lag stiliserte kart, som Oslokartet, uten for mye geografisk informasjon. Dette er lettere å lese siden det gir større mulighet til å skille linjene fra hverandre.
- Bruk hvite rammer rundt linjene i kartet ettersom dette holder fargene konstante og minsker forvirringen der linjene krysser hverandre.
- Bruk brede linjer, da oppfatter øyet fargen bedre.
- Marker linjene med linjenummer, spesielt der de krysser eller skilles
- Varier lysheten på fargene. Forskjeller i lyshet er synlige også for personer med fargesynsdefekter. Velg derfor å ha distinkt lyshetsforskjell på fargene, særlig ved like farger og fargekombinasjoner, som av enkelte blir oppfattet som samme farge, eksempelvis:
  - Brun, rød/rosa og grønn
  - Grå, rød/rosa og grønn
  - Blå, lilla, rød, rosa og grønn



## 7 Litteraturliste

- [1] A. Valberg. *Lys Syn Farge*. Tapir Forlag: Trondheim. 1998
- [2] E. Ø. Dischler. *Quantitative tests of the spectral proximity model of defective colour vision*. Master's thesis, Institute of Physics: NTNU. 2006
- [3] D. B. Judd. *Fundamental Studies of Color Vision from 1860 to 1960*. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, Vol. 55, No. 6. 1966
- [4] Wikipedia. *CMYK*. <http://en.wikipedia.org/wiki/CMYK>. 2007
- [5] J. Birch. *Diagnosis of Defective Colour Vision*. Oxford University Press: Oxford. 1993
- [6] Wikimedia Commons. *Ishihara 9*.  
[http://commons.wikimedia.org/wiki/Image:Ishihara\\_9.png](http://commons.wikimedia.org/wiki/Image:Ishihara_9.png). 2007
- [7] L. Frisén. *Clinical Tests of Vision*. Raven Press: New York. 1990
- [8] A.Liem *Managing the industrial design process* Prentice Hall: Singapore. 2004
- [9] T. Vavik og T.A. Øritsland *Menneskelige aspekter i design – en innføring i ergonomi*. Tapir Forlag: Trondheim. 1999
- [10] Artikkelsamling *Universell utforming over alt!* Sosial og helsedirektoratet: Oslo. 2004
- [11] D. A. Norman *The design of everyday things*. Basic Books: New York 2002
- [12] Transport for London, *Accessible tube maps*. <http://www.tfl.gov.uk>. 2006
- [13] Transport for London, *How to design Corporate publications*. <http://www.tfl.gov.uk>. 2006
- [14] Pantone. *Pantone Colors, products and guides for accurate color communication*.  
<http://www.pantone.com>. 2007
- [15] NTNU. *Rapport og planer 2006-2007*. [http://www.ntnu.no/omntnu/info\\_omntnu\\_tall](http://www.ntnu.no/omntnu/info_omntnu_tall). 2007
- [16] Trafikanten. *Linjekart*. <http://www.trafikanten.no>. 2006
- [17] J. Hadlaw. *The London Underground Map: Imagining Modern Time and Space*. Design Issues: volume 19. 2003
- [18] BBC. *Design Classics – Series 1*. Episode 5. 1987

## **8 Vedlegg**

# Vedlegg A | Fargeprøver

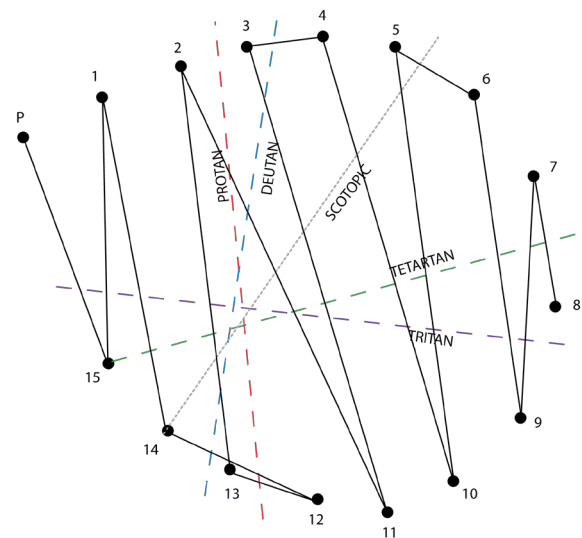
Sample	Navn	CIE(Y,x,y)	CMYK
	L1 Northern	9.05,0.405,0.389	0,0,0,100
	L2 Bakerloo	78.7,0.55,0.407	0,58,100,33
	L3 Central	69.1,0.63,0.335	0,100,95,0
	L4 Circle	230,0.502,0.466	0,16,100,0
	L5 Piccadilly	13.7,0.249,0.208	100,88,0,5
	L6 District	35.9,0.311,0.53	95,0,100,27
	L7 East London	184,0.521,0.439	0,35,90,0
	L8 Hammersmith	170,0.444,0.343	0,45,10,0
	L9 Victoria	58.8,0.21,0.275	85,19,0,0
	L10 Jubilee	114,0.392,0.38	5,0,0,45
	L11 Metropolitan	34.8,0.528,0.289	5,100,0,40
	Lb Waterloo	154,0.342,0.4	47,0,32,0
	Trondheim 3	50.1,0.177,0.255	100,0,0,0
	Trondheim 4	255,0.493,0.471	0,10,100,0
	Trondheim 5	73.3,0.627,0.337	0,100,100,0
	Trondheim 6	195,0.432,0.473	33,0,73,0
	Trondheim 7	72.9,0.55,0.283	0,100,0,0
	Trondheim 8	215,0.509,0.454	0,25,100,0
	Oslo 1	82.2,0.227,0.304	76,0,7,0
	Trondheim 9	67.3,0.285,0.44	80,5,65,0
	Oslo 2	71.1,0.606,0.334	0,91,76,6
	Trondheim 11	36.5,0.427,0.257	50,90,0,0
	Oslo 3	63.5,0.335,0.528	79,0,100,0
	Trondheim 2	80.3,0.428,0.384	30,40,40,40
	Oslo 4/6	18.5,0.215,0.212	100,72,0,6
	Trondheim 36	46.8,0.231,0.268	80,40,0,0
	Oslo 5	134,0.464,0.317	2,60,0,0
	Tr.h. bakgrunn	274,0.393,0.393	10,0,15,0
	Oslo bakgrunn	281,0.391,0.378	0,0,0,7

I denne rapporten er det brukt ti testpersoner som alle er testet for fargesynsdefekter. Mer detaljerte testresultater for hvilken fargesynsdefekt disse har finner du herunder. Grovt kan vi oppsummere at det blant disse ti testpersonene er to personer som har defekt i L-tappene; testperson 7 og 9. Det er fem personer, som tenderer til å ha defekter i L-tappene, henholdsvis testpersonene 2, 3, 5, 6 og 8. Det er tre personer som trolig har defekter i både L- og M-tappene. Dette gjelder testpersonene nummer 1, 4 og 10. Med andre ord 20 % av testpanelet tenderer til å ha protanope fargesynsdefekter, 50 % har deutanope fargesynsdefekter, mens 30 % tenderer til å ha både protanope og deutanope fargesynsdefekter.

Panelet har gått gjennom tre tester for fargesynsdefekter. Vigra-testen, Lanthony's desaturated 15 hue test og Ishahara testen. Vigra-testen er å regne for den mest pålitelige av disse tre testene, men Ishahara blir regnet som en relativt usikker test.

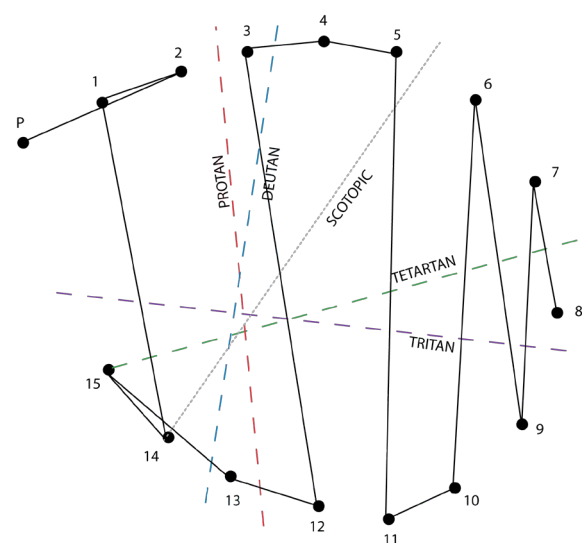
## Testperson 1 (HR)

*Ishahara*-testen gir lite resultat. Ser bilde 1 og 38 tydelig. Ser antydninger til tall på bilde 6 og 8 - her ser han henholdsvis tallene 2 og 17, men er usikker på om det er riktig. Bildene 22, 23 og 24 gir resultatet 2, 4 og 3 - men han er usikker på disse tallene også. Bilde 26 ser han øverste slange og på bilde 27 nederste slange. Ser bilde 28 og 29. På bildene 34, 35, 36, 37 ser han linjene som kan defineres som mørkerød og grønn - altså ikke den oransje/grønne linjen. *Lanthony's desaturated 15 hue test* viser tydelige forvekslingslinjer: P-15-1-14-12-13-2-11-3-4-10-5-6-9-7-8. *Vigra*-testen gir resultatene protanop og deutanop.



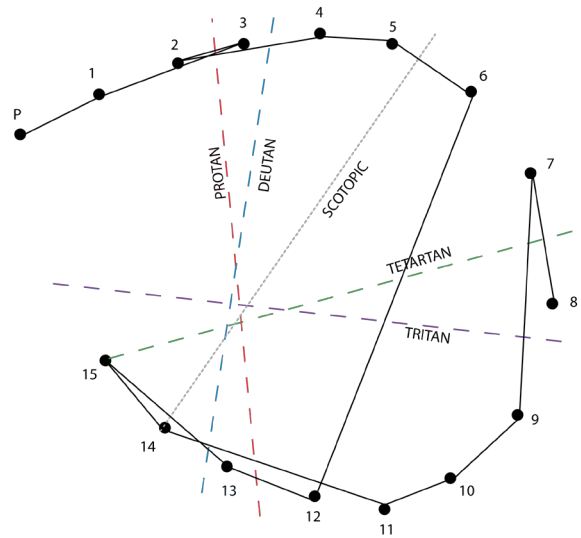
## Testperson 2 (TA)

*Ishihara*-testen: Ser bilde 1 og 38 tydelig. Bilde 2, 3, 4 og 6 ser han antydninger til tallene 3, 5, 70 og 2. Bilde 8 og 9 ser han tallene 17 og 21. På bildene 22, 23, 24 og 25 ser han tallene 2, 4, 3, 9. Bilde 26 ser han øverste slange og på bilde 27 nederste slange. Ellers ser han ikke noen tendenser til mønstre på bildene. *Lanthony's desaturated 15 hue test* viser tendenser til protanop: P-2-1-14-15-13-12-3-4-5-11-10-6-9-7-8. *Vigra*-testen konkluderte med deutanomal.



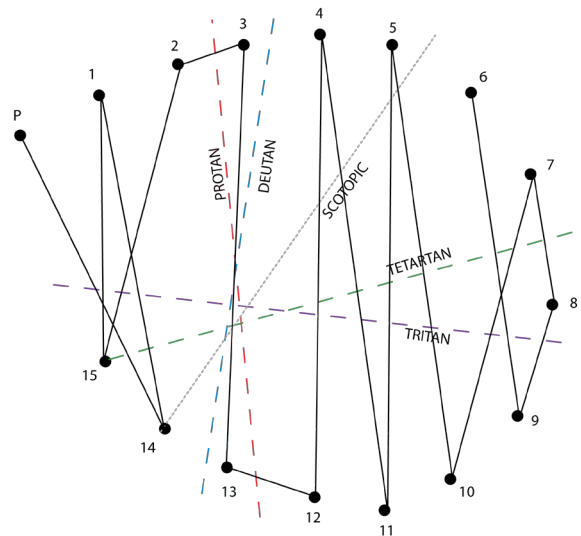
### Testperson 3 (TL)

Fikk beskjed om at han var "rød-grønn fargeblind" etter "en test med slike enkle fargeplater der tall eller bokstaver skal gjenkjennes da jeg gikk på folkeskolen på 1950-tallet, men har egentlig ikke merket mye til det ellers". Sliter med grønt mot brunt i dagliglivet. *Ishihara*-testen viser mild deutanop og gir resultatene: Bilde 1 og 38 synes tydelig. På bildene 6 til 11 ser han tallene 8 (eller 2), nesten et 3 tall, 17, 21, 2 og 6. På bilde 18 ser han noe mønster, men ikke noe spesielt. Bilde 19 viser et merkelig 8 tall. Bildene 22, 23, 24 og 25 gir resultatene 2 (6), 4 (2) usikker på 2 tallet, 3 (5) og 9 (6). På bildene 26 og 27 ser han tydelig henholdsvis den øverste og nederste slangen og delvis de to andre slangene som er vist på disse bildene. På bilde 32 peker han ut nesten den slangen som er der. Bilde 33 ser han slangen. Bilde 34, 35 og 36 ser han den mørkerødeslangen, men den er vanskelig å finne på bilde 36. *Vigra*-testen gir ikke entydig svar, mulig en deutanomal. Er ikke dikromat. Sammenblender på *Lanthonys desaturated 15 hue test*: P-1-3-2-4-5-6-12-13-15-14-11-10-9-7-8. Bare linjen 6-12 indikerer deutanop, men det er eneste linje som sier noe spesifikt på denne testen.



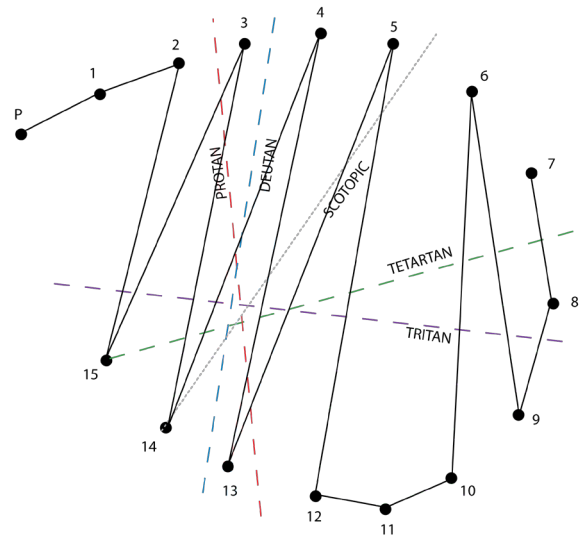
### Testperson 4 (ØH)

Tok kontakt fordi han "Har havnet på ville veier før på grunn av slike fargekodede kart". *Ishihara*-testens bilde 1 og 38 ser han tydelig. På bildene 8 og 9 ser han henholdsvis tallene 11 og 21. Bilde 19 mener han viser nesten et 8 tall. På bildene 22, 23, 24 og 25 ser han tallene 2, en klump med noe rødt, 3 og 3. På bilde 26 og 27 ser han henholdsvis øverste og nederste slange. Bilde 28 og 29 ser han et grønt spor som ikke er mulig å si hva er. Bilde 34 og 35 viser også en form for spor. Resten av bildene ser han ikke. *Lanthonys desaturated 15 hue test* viser både deutanope og protanope linjer og gir resultatet P-14-1-15-2-3-13-12-4-11-5-10-7-8-9-6. *Vigra*-testen konkluderes også med protanop og deutanop.



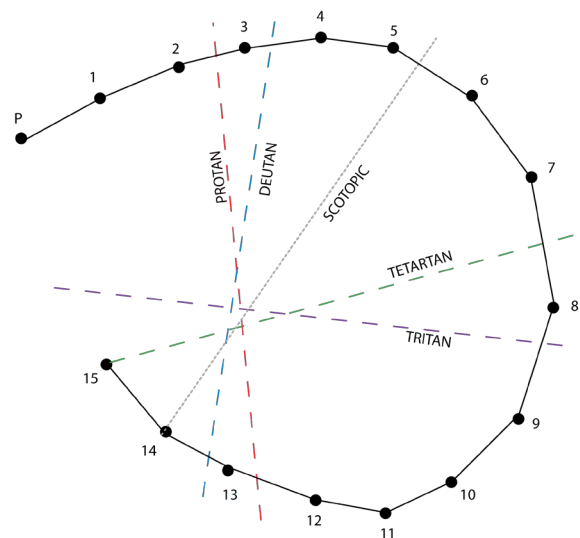
### Testperson 5 (AS)

*Ishihara*-testen: Bilde 1 og 38 ser han tydelig. Bilde 2 og 3 ser han tallene 3 og 6. Bildene 6, 7, 8, 9 gir resultatene 8, 5, 17, 81. På bildene 10, 11, 12 ser han tallene 2, 6 og 81. Bilde 20, 21, 22, 23, 24 og 25 ser han tallene 45, 25, 2(8), 4(2), 3(5) og 9. Tallene i ( ) ser han uklart. Han ser begge slangene på bildene 26 og 27. Bilde 28 og 29 = grå??, Bilde 33 ser han tydelig. På bildet 34 ser han den grønne/mosegrønne linjen, men han på bilde 35 ikke ser den mosegrønne linjen - bare den grønne. Resten av bildene gir ingen resultater. *Lanthony's desaturated 15 hue test* viser deutranope linjer og ga resultatet: P-1-2-15-3-14-4-13-5-12-11-10-6-9-8-7. *Vigra*-testen gir resultatet lum% = -2,5% Kontrast: -100 Deutranop forvekslingslinje.



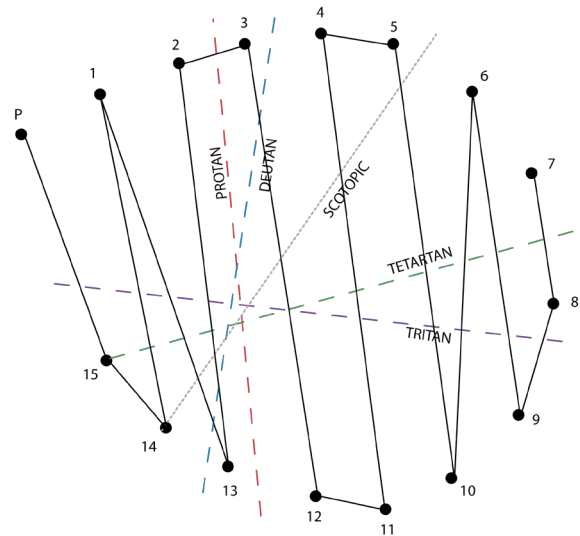
### Testperson 6 (MH)

Denne personen bør trolig testes på nytt. Det ble ikke utført godkjent *Vigra*-test på han. Han brukte svært lang tid på *Lanthony's desaturated 15 hue test*, opp mot 20-30 min, og prøvde frem og tilbake - resultatet ble normalsyn: P-1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11-12-13-14-15. *Ishihara*testen ga resultatene: Ser bilde 1 og 38 tydelig. På bildene 2, 3 og 4 ser han tallene 3, 5, 10. På bildene 6-11 ser han tallene 8, 5, 15, 21, 2 og 6. Ser ikke noe mønster på bildene 12-17. På bildene 18, 19 og 20 ser han tallene 5, 2 og 45. Han ser ikke noe på bilde 21. På bilde 22, 23, 24 og 25 ser han tallene 2, 4, 3 og 9 som antyder en sterk deutranop. Han finner henholdsvis øverste og nederste slange på bildene 26 og 27. Han finner også slangen på bildene 28, 29, 33 og 34. På bildene 35 og 37 finner han den rødgrønne slangen. Ut fra *Ishihara*testen har vi valgt å kategorisere han som mulig deutranop.

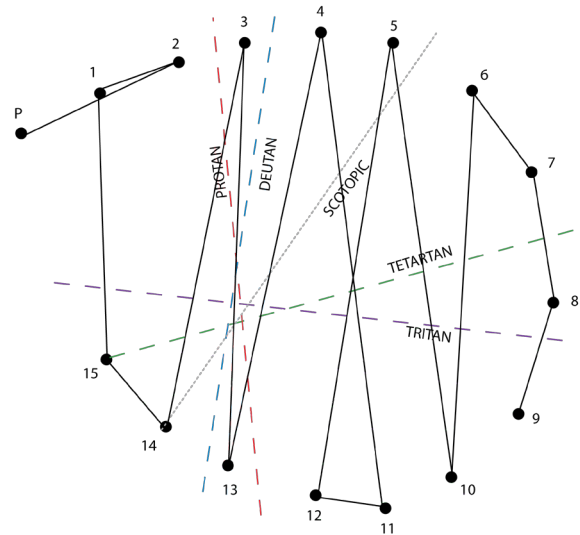


**Testperson 7 (YH)**

*Ishihara*-testen: Ser tydelig bilde 1 og 38. På bildene 2-4 ser han tallene 3, 5 og 10. Bildene 6-9 ser han tallene 2, 5, 17, 21. Bilde 18 og 19 ser han tallene 5 og 2. På bilde 22-25 ser han tallene 2, 4 eller en trekant, 3 og 9. Han ser øverste slange på bilde 26 og nederste på bilde 27. Ser også tydelig slangen på bildene 28 og 29. På bildene 34-37 ser han den mørkerøde/grønne slangen. *Lanthony's desaturated 15 hue test* viser tydelige protanope linjer: P-15-14-1-13-2-3-12-11-4-5-10-6-9-8-7. *Vigra*-testen viser en tydelig protanop.

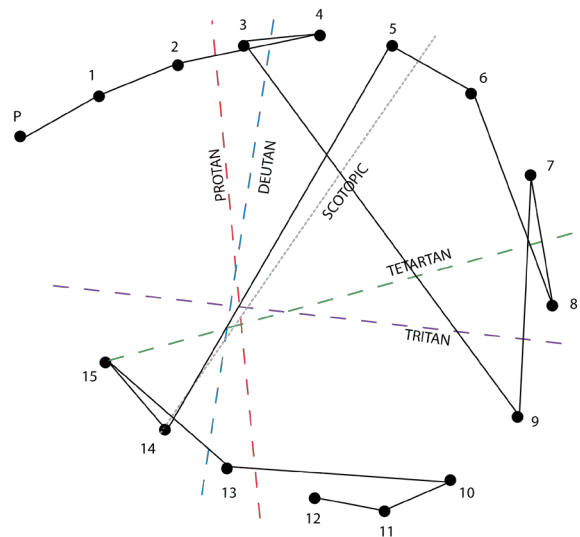
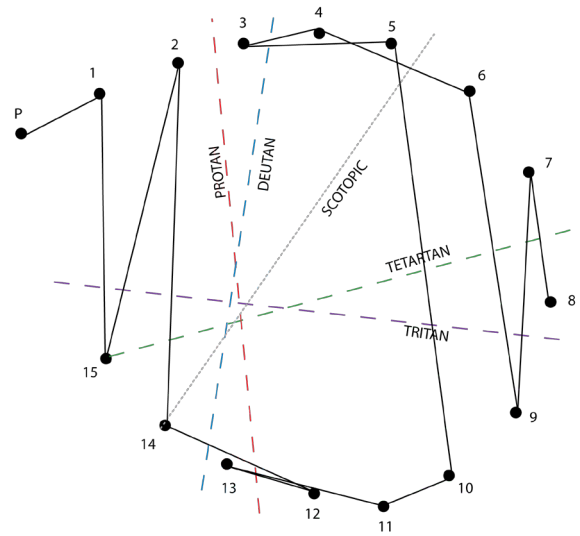
**Testperson 8 (TS)**

*Ishihara* testen: Ser tydelig bilde 1 og 38. På bilde 6 og 7 ser han symbolene 5 eller en S og 3. På bilde 8 tipper han på at tallet er enten 17/15/19 og han stiller spørsmål til om bilde 9 viser tallet 21. Ser ikke noe på bildene 10-17. Skimter noe på bilde 18. Tror han ser tallet 8 på bilde 19 og noen mønstergreier på bilde 20 og 21. På bildene 22-25 ser han tallene 2, 4, 3 og 9. Han ser øverste slange på bilde 26 og nederste på bilde 27. Ser deler av en slange på bilde 28 og litt mer omfattende slange på bilde 29 - men ingen fullstendig slange. På bilde 34 ser han den delen av slangen som er "ren grønn" og ikke den delen som er mosegrønn, mens på bilde 35 ser han den mosegrønne delen av slangen. *Lanthony's desaturated 15 hue test* viser både deutranope og protanope linjer: P-2-1-15-14-3-13-4-11-12-5-10-6-7-8-9. *Vigra*-testen viser tendenser til deutranop - en deutranomal.



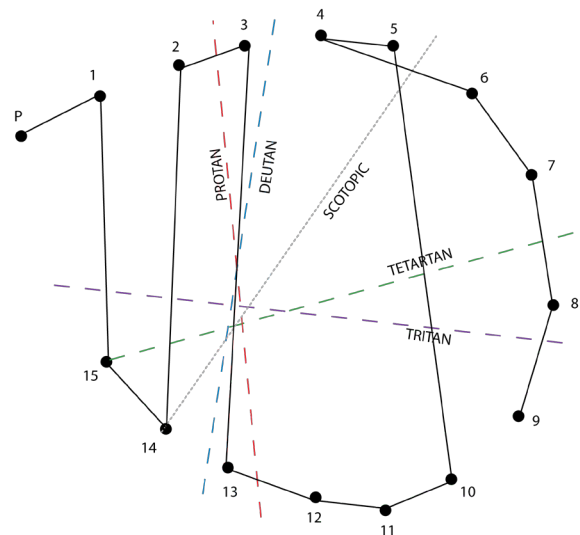
### Testperson 9 (SN)

Var en av de første testpersonene og vi tror han trøbler med L tapp. *Ishihara*-testen viser at han ser bilde 1 og 38. På bildene 2-4 ser han tallene 3, 5, 19. På bildene 6-9 ser han tallene 2, 5, 17, 21. På bilde 14 ser han tallet 5 og antar at det er en grønn 5. På bilde 16 ser han antydninger til to siffer. Bilde 18 og 19 ser han tallene 5 og 2. På bilde 22-25 er det tosifrede tall og ha kommenterer at han ser første tallet tydeligere, tallene han ser er 26, 48, 35 og 96. På bildene 26 og 27 ser han begge slangene. På bilde 29, 34 og 35 ser han slangen. På bilde 36 ser han rødburgunder slange og på bilde 37 oransjerød slange. *Lanthony's desaturated 15 hue test* ble utført to ganger. Første gang glemte vi å skille ut P og vi tok dermed testen opp igjen. Resultatene fra test 1: 1-P-15-2-14-12-13-11-10-5-3-4-6-9-7-8. Resultater test 2: P-1-2-4-3-9-7-8-6-5-14-15-13-10-11-12. *Vigra*-testen indikerer svak protanomali.



### Testperson 10 (TK)

Har defekt i både L og M tapp. Verdier fra *Vigra*-testen: 170grader / -0,062 / -4,5 %. *Ishihara*-testresultater: Ser tydelig bilde 1 og 38. På bildene 2-6 ser han henholdsvis tallene 3, 5, 90, 55, 2. På bilde 8 og 9 ser han tallene 17 og 21. På bilde 15 ser han tallet 7 etter litt betenkningstid. På bildene 22-25 ser han tallene 2, 4, 3 og 9. På bilde 26 ser han øverste slange og på bilde 27 den nederste. Ser antydning til slanger på bilde 28 og 29. Ser rødgrønn slange på bilde 34 og 35. *Lanthony's desaturated 15 hue test* viser en mellomting mellom protanomali/deutanpe linjer. P-1-15-14-2-3-13-12-11-10-5-4-6--8-9.





## Oslo

Testperson	Diagnose	O1	O2	O3	O4/6	O5	Ob grønn og grå	Kommentarer
1	Protanomal og Deuteranomal	x			x	x	Begge disse kan forveksles	
2	Deuteranomal							
3	Ikke entydig svar, trolig Deuteranomal						Litt vanskelige	
4	Protanomal og Deuteranomal		x	x	x			Vanskelige på lang avstand
5	Mild Deuteranop						Vanskelige å skille	
6	Usikkert, mulig Deuteranop - bør testes mer							Ingen farger er vanskelige å skille
7	Protanop						Vanskelige å skille	
8	Deuteranomal						Vanskelige å skille	Skiller de andre fargene lett
9	Svak Protanomal						Ser helt like ut - grå og blågrå	
10	Protanomal og Deuteranomal							Alle farger lett å skille

De som er både protanop og deutanop har problemer med Oslo sine T-bane farger. Alle andre klarer å skille disse godt, med unntak av bakgrunnsfargene. Det er bare 20 % av testpanelet som sier at de kan forveksle linjefargen til Oslo 4/6, med en av de andre fargene. Merk dog at testperson 2 kan forveksle linje O1, O4/6 og O5, som er rosa, lys blå og mørk blå. Vi anbefaler derfor at disse fargene ikke ligger inntil hverandre om de kombineres i samme kart. Testperson 4 har vanskelig for å skille O2, O3 og O5 på lengre avstand. Disse fargene rød, blå og grønn, men merk at disse har cirka samme intensitet - disse fargene vil dermed se like grå ut for en som ikke ser fargene.

### Feilkilde

Merk at i denne testen er det to bakgrunnsfarger. Dette skyldes en feil av oss som utførte testen. Begge disse bakgrunnene ble merket likt på testbrikken. Ob grønn er bakgrunnsfargen til Trondheim, Ob grå er bakgrunnsfargen til Oslo.

## London

Testperson	Diagnose	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	L11	Lb	Kommentarer
1	Protanomal og Deuteranomal		(z)	z	y	æ	z	y	æ	x	æ	x		
2	Deuteranomal													Alle er greie å se forskjell på
3	Ikke entydig svar, trolig Deuteranomal				y			y		x			x	
4	Protanomal og Deuteranomal		z	y		z	y	x					x	x = litt ekkel kombinasjon, y = er for like, z = ikke bra på lang avstand
5	Mild Deuteranop		z	z			x			x				X = grå og grønn, z= brun og rød
6	Usikkert, mulig Deuteranop - bør testes mer													Ingen spesielt like, disse er lette å skille
7	Protanop		z	z			z							Ingen er akkurat lik, men z kan forveksles
8	Deuteranomal				y			y	x				x	x flyter i hverandre, y kan forveksles
9	Svak Protanomal													Skiller alle greit
10	Protanomal og Deuteranomal				y			y	x	x			x	x kan forveksles, y ser jeg forskjell på, begge er gule, bør bruke en av de

50 % forveksler fargene L4 og L7 begge er gule.

50 % forveksler bakgrunnsfargen Lb, en lysere grønn farge, med andre farger. 30 % forveksler den med L10 som er grå. 30 % forveksler den med L8 som er rosa.






40 % forveksler L10, som er grå, med andre farger. Henholdsvis bakgrunnsfargen og 10 % forveksler den med L6 som er mørk grønn

40 % forveksler L3, som er rød, med andre farger - henholdsvis 30 % forveksler den med L2 som er brun, 30 % forveksler den med L6 som er grønn og 20 % forveksler alle tre fargene L2, L3 og L6 - brun, rød og grå!

10 % av testpanelet forveksler L8, L10 og Lb - henholdsvis grå, rosa og lys grønn. Merk at disse fargene har samme intensiteten og derfor blir like grå for en som ikke ser fargene.

10 % av testpanelet har problemer med å skille fargene L5, L9 og L11. Dette er mørk blå, blå og lilla farger.

Ut fra dette anbefaler vi ikke følgende fargekombinasjonene - bruk bare en av fargene.

L2, L3 og L6 (har lignende intensitet)	
L4 og L7	
Lb, L8 og L10 (har lignende intensitet)	
Lb og L6	
L5, L9 og L11	

# Trondheim

Testperson	Diagnose	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T11	T36	Tb	Kommentarer
1	Protanomali og Deuteranomali	z	x	y	(y)	x	y	z	x	x			
2	Deuteranomali		x	y	(y)		y			x			(y) kan fort gli inn i y
3	Ikke entydig svar, trolig Deuteranomali		x	y			y			x			y er nesten like
4	Protanomali og Deuteranomali	z	x	y	å	å	æ	y	z	æ	x		å er grei på kort avstand
5	Mild Deuteranopi	z	ø	x			ø		z		x		
6	Usikkert, mulig Deuteranopi - bør testes mer		x	y							x		Ser nyanseforskjeller - ellers er det tydelige forskjeller
7	Protanopi	z	x				æ		z	æ	x		
8	Deuteranomali		x	y			y			x			Veldig like, både x og y.
9	Svak Protanomali		x	y			y			x			X er helt like
10	Protanomali og Deuteranomali		x	y			y			x			

## Kort delkonklusjon;

Trondheim bruker en del farger som kan forveksles - noe som er uheldig!

Merk at alle testpersonene har problemer med å skille linjene T3 og T36 som begge er gule.

70 % av testpanelet har også problemer med å skille linjene T4 og T8, 20% synes det er vanskelig med T6 i kombinasjon med disse to, - T4 og T8.

40 % av testpanelet mener T2 og T9 er vanskelige å skille. Disse fargene er henholdsvis grå og grønn!

30 % av panelet har problemer med å skille T7 og T11. Merk at en testperson ser det som vanskelig å kombinere rosa, lilla og blå som T3, T7, T11 og T36!

10 % har problemer med å skille T5 og T6, disse er grønn og rød.

10 % har problemer med å skille T2+T7 og T2+T9 - dette er grå, rosa og grønn farger som har lignende intensitet.

Ut fra dette anbefaler vi å unngå følgende fargekombinasjoner i et kart - velg heller å bruke en av fargene:

x - T3 + T36 er begge blå, med bare en liten nyanseforskjell.

x - T3 + T7 + T11+ T36 er blå, rosa og lilla

y - T4 + T8 er begge gul, T6 er mintgrønn.

ø - T2 + T7 er en slags rosa og grå

z - T2 + T9 er grå og slags grønn

æ - T7 + T11 er rosa og lilla

å - T5 + T6 er rød og grønn



Test 3		Deutranope forvekslingsmuligheter London				
Testperson	Diagnose	L2 Bakerloo	L3 Central	L4 Circle	L7 East London	Kommentarer
1	Protanomal og Deuteranomal	Grei gradient fra gul til rød - L3 (en rød farge) er ganske lik L5 (en blå farge)!				Seks av 10 har ikke problem med å skille fargene. To har problemer med å skille linjene L4+L7, en har problemer med linjene L2+L3. Testperson 4 har problemer med alle fargene på lengre avstand.
2	Deuteranomal	Alle disse fire ser jeg fint forskjell på				
3	Ikke entydig svar, trolig deuteranomal	Ser lett forskjeller				
4	Protanomal og Deuteranomal	Greit å se forskjell på 1 m avstand (store fargebiter), vanskelig på 5 m avstand				
5	Mild Deuteranop	Går bra				
6	Usikkert, mulig deuteranop - bør testes mer	Går bra				
7	Protanop	<i>Testpersonen er protanop og denne testen ble dermed ikke utført</i>				
8	Deuteranomal	Alle fire går ann å skille, men L2+L3 og L4+L7 er vrine å skille				
9	Svak Protanoman	Ikke problem				
10	Protanomal og Deuteranomal	Ikke problem		Disse er nesten like		

Test 3		Deutranope forvekslingsmuligheter London			
Testperson	Diagnose	L 11 Metropolitan	L8 Hammersmith	L10 Jublilee	Kommentarer
1	Protanomal og Deuteranomal	Denne er ganske forskjellig fra de to andre	Ganske like disse to fargene		Fire testpersoner, altså 40 % av testpanelet, oppfatter L8 og L10 som problematiske om det hadde vært svakt lys eller mindre fargefelter enn det vi brukte i testen.
2	Deuteranomal	Ser fint forskjell på disse tre fargene			
3	Ikke entydig svar, trolig deuteranomal	Ser godt forskjell			
4	Protanomal og Deuteranomal	Mulig å forveksle disse med midre fargefelter			
5	Mild Deuteranop	Går bra			
6	Usikkert, mulig deuteranop - bør testes mer	Går bra			
7	Protanop	<i>Testpersonen er protanop og denne testen ble dermed ikke utført</i>			
8	Deuteranomal	Disse er ok, men L8 og L10 kan bli vanskelige i svakt lys			
9	Svak Protanoman	Ikke problem			
10	Protanomal og Deuteranomal	Med tynn stripe blir disse vanskelige			

Tabell 1: Viser deuteranope forvekslingslinjer

Test 3		Protanope forvekslingsmuligheter London		
Testperson	Diagnose	L10 Jubilee	Lb Waterloo	Kommentarer
1	Protanomal og Deuteranomal	Ganske like disse to fargene		Disse fargene er grå og grønn! 40 % av testpanelet har problemer med å skille disse. Det er knyttet stor usikkerhet til dette testresultatet pga feil under testingen. Denne usikkerheten er knyttet til 40 % av panelet og gjelder testperson 4, 6,10 og mulig 5, hvor det er vist feil grønn brikke, en mye lysere grønn enn Lb Waterloo. Det ble ved en feil vist Trondheim Bagrunn som er lysere grønn enn Lb Waterloo.
2	Deuteranomal	Veldig like disse to		
3	Ikke entydig svar, trolig deuteranomal	Veldig lei kombinasjon		
4	Protanomal og Deuteranomal	Går greitt		
5	Mild Deuteranop	Går bra		
6	Usikkert, mulig deuteranop - bør testes mer	Går fint		
7	Protanop	Disse er begge grå!		
8	Deuteranomal	Ikke problem		
9	Svak Protanoman	Ikke problem		
10	Protanomal og Deuteranomal	Lett å skille		

Test 3		Protanope og Deutranope forvekslingsmuligheter Oslo		
Testperson	Diagnose	Linje 2	Linje 3	Kommentarer
1	Protanomal og Deuteranomal	Greie å skille		Dette er henholdsvis rød og grønn farge. 80% av testpanelet skiller disse fargene. Merk at testperson 7 bare ser forskjell på intensiteten og ikke fargen! Testperson 4 får problemer med litt avstand (ca 1,5 m).
2	Deuteranomal	Lette å skille		
3	Ikke entydig svar, trolig deuteranomal	Ser lett forskjell		
4	Protanomal og Deuteranomal	Grei på kort avstand, vanskelig på økt avstand		
5	Mild Deuteranop	Går bra		
6	Usikkert, mulig deuteranop - bør testes mer	Greie å skille		
7	Protanop	Jeg ser forskjell på intensiteten		
8	Deuteranomal	Tydelig forskjell		
9	Svak Protanoman	Ikke problem		
10	Protanomal og Deuteranomal	Tydelig forskjell		

Test 3		Protanope og Deutranope forvekslingsmuligheter Trondheim		
Testperson	Diagnose	Linje 8	Linje 4	Kommentarer
1	Protanomal og Deuteranomal	Like i farge		Disse to linjene er begge gule. 50 % av testpanelet har problemer med å skille disse, resterende er godt forskjell. En anbefaling vil være å ikke kombinere to så like gule farger i et kart. Da bør man heller velge enten eller.
2	Deuteranomal	Ser forskjell		
3	Ikke entydig svar, trolig deuteranomal	Ser forskjell		
4	Protanomal og Deuteranomal	Ekkel kombinasjon		
5	Mild Deuteranop	Går bra		
6	Usikkert, mulig deuteranop - bør testes mer	Kan skilles, men vanskelig		
7	Protanop	Problematisk å skille		
8	Deuteranomal	Vanskelige å skille		
9	Svak Protanoman	Ikke problem		
10	Protanomal og Deuteranomal	Ikke bra kombinasjon		

Tabell 2: Viser protanope og deuteranope forvekslingslinjer

Test 3		Protanope forvekslingsmuligheter Trondheim		
Testperson	Diagnose	Linje 5	Linje 6	Kommentarer
1	Protanomal og Deuteranomal	Forskjellige		Disse linjene er rød og lysere grønn. Alle i testpanelet ser forskjell på disse fargene!
2	Deuteranomal	Kjempe forskjellige		
3	Ikke entydig svar, trolig deuteranomal	Ser lett forskjell		
4	Protanomal og Deuteranomal	Greie å skille		
5	Mild Deuteranop	Går bra		
6	Usikkert, mulig deuteranop - bør testes mer	Får fint		
7	Protanop	Ikke problem å skille		
8	Deuteranomal	Ikke problem å skille		
9	Svak Protanoman	Ikke problem		
10	Protanomal og Deuteranomal	Helt grei forskjell		

Test 3		Protanope forvekslingsmuligheter Trondheim		
Testperson	Diagnose	Linje 2	Linje 9	Kommentarer
1	Protanomal og Deuteranomal	Helt like		Disse fargene er grønn og grå! Fire av ti testpersoner har problemer med å skille disse fargene. En klarer å se forskjell, men mener det er en uheldig kombinasjon, mao anbefaler 50 % av testpanelet at man ikke kombinerer disse fargene i et kart.
2	Deuteranomal	Ser forskjelliger,- også med Trondheim		
3	Ikke entydig svar, trolig deuteranomal	Ser forskjelliger,- også med Trondheim		
4	Protanomal og Deuteranomal	Disse er like, men kan hjelpe med		
5	Mild Deuteranop	Medium vanskelig å skille		
6	Usikkert, mulig deuteranop - bør testes mer	Greie å skille		
7	Protanop	Helt lik!		
8	Deuteranomal	Lette å skille		
9	Svak Protanoman	Ikke problem		
10	Protanomal og Deuteranomal	Uheldig kombinasjon, men ser forskjell		

Test 3		Protanope forvekslingsmuligheter Trondheim		
Testperson	Diagnose	Linje 11	Linje 3	Kommentarer
1	Protanomal og Deuteranomal	Gråhetsforskjell		Disse fargene er lilla og blå! 90 % av testpanelet skiller disse fargene bra, merk dog at testperson 1 bare ser en gråhetsforskjell og <i>ikke</i> en fargeforskjell!
2	Deuteranomal	Ser forskjell		
3	Ikke entydig svar, trolig deuteranomal	Ser lett forskjell		
4	Protanomal og Deuteranomal	Ok forskjell		
5	Mild Deuteranop	Går bra		
6	Usikkert, mulig deuteranop - bør testes mer	Går bra		
7	Protanop	Ikke problem		
8	Deuteranomal	Klar forskjell		
9	Svak Protanoman	Ikke problem		
10	Protanomal og Deuteranomal	Helt tydelig forskjell		

Tabell 3: Viser protanope forvekslingslinjer

## Oslo T-bane

Testperson 1: Protanomal og deuteranomal. Har problemer med linje 1 Bergkrystallen når den blir tynn.

Testperson 2: Deuteranomal. Han synes det er matte farger og ønsker seg gul og svart. Og sier det er for mange blåfarger og kommenterer at det er for liten kontrast mellom rosa og lyseblå.

Testperson 3: Trolig deuteranomal. Kraftige farger. Ser ganske greitt.

Testperson 4:

Testperson 5: Mild deuteranop. Ok kart

Testperson 6: Mulig deuteranop. Linje 4 og 6 er vanskelig å skille. Er jo samme farge!

Testperson 7: Protanop. Bra kart! Klart og tydelig. Linje 5 er grå!

Testperson 8: deuteranomal. Ok kart!

Testperson 9: Svak protanomal. Ok.

Testperson 10: Protanomal og deuteranomal. Ser helt greit!

## Trondheim Buss

Testperson 1: Protanomal og deuteranomal klarer å skille ut linje 3 (blå) og 4 (gul) når alle linjene går samlet ut fra sentrumsterminalen. De andre linjene flyter sammen. Linje 7 og 11 flyter sammen på Vikåsen og er samme farge. Det samme gjelder for linje 10 (farge T2), 5 (rød) og 19 (farge T2) på Breidablikk og Munkvoll. Han ser dog linje 5 (rød) og linje 9 (grønn) bra.

Testperson 2: deuteranomal. synes de fire linjene i midten er greie (Forfattere kommenterer: Det er 9 hele og 2 stipla linjer i midten ut fra sentrumsterminalen!) Har problemer med linjen 9 (grøn) og linje 71 (farge T2) på Katterem.

Testperson 3: Trolig deuteranomal. Ikke særlig godt kart. Tynne linjer. Ser ikke forskjell på linje 9 (grønn) og linje 44 (farge T2) og mener det er vanskelig å følge disse inne i "virrvarret".

Testperson 4:

Testperson 5: Mild deuteranop. Ser linje 9 (grønn) og linje 11 (lilla) på Strinda/Tunga som samme farge. Dette gjelder også linje 9 og 19 på Katterem. Klarer ikke skille fargene som er i området Heimdal/Kolstad/Tonstad.

Testperson 6: Mulig deuteranop. Vanskelig å skille tosifrede linjer (farge T2) og nr 9 (grønn).

Testperson 7: Protanop. Fargekaos ut fra Sentrumsterminalen. Og linje 7 og 11 er veldig like i fargen. Bare at den ene er litt lysere.

Testperson 8: deuteranomal. Ser forskjell på alle fargene.

Testperson 9: Svak protanomal. Ok. Men de tosifrede har lik farge.

Testperson 10: Protanomal og deuteranomal. Linje 7 (rosa) og 54 (grå) ut fra Sentrumsterminalen har samme farge!

## London Underground

Testperson 1: Det er bra med tykkere streker, men central og district line er de samme, likeledes er det med Bakerloo, Central & Distrikt og også Metropolitan (mørk burgunder) og Northern (svart). De tynne strekene gjør de like.

Testperson 2: deuteranomal Mener Londonkartet er et bedre kart. Det er markante farger inntil hverandre og mer kontrastfylte farger.

Testperson 3: Trolig deuteranomal. Ser de fleste fargene, men har vansker for å skille Piccadilly (mørk lilla) og Northern line (svart).

Testperson 4:

Testperson 5: Mild deuteranop. Londonkartet er ok!

Testperson 6: Mulig deuteranop. Ganske greit å skille linjene. Gode farger. Bakerloo (brun) og Metropolitan (lilla) er vanskelige å skille, samme med Piccadilly (mørk blå) og Northern (svart).

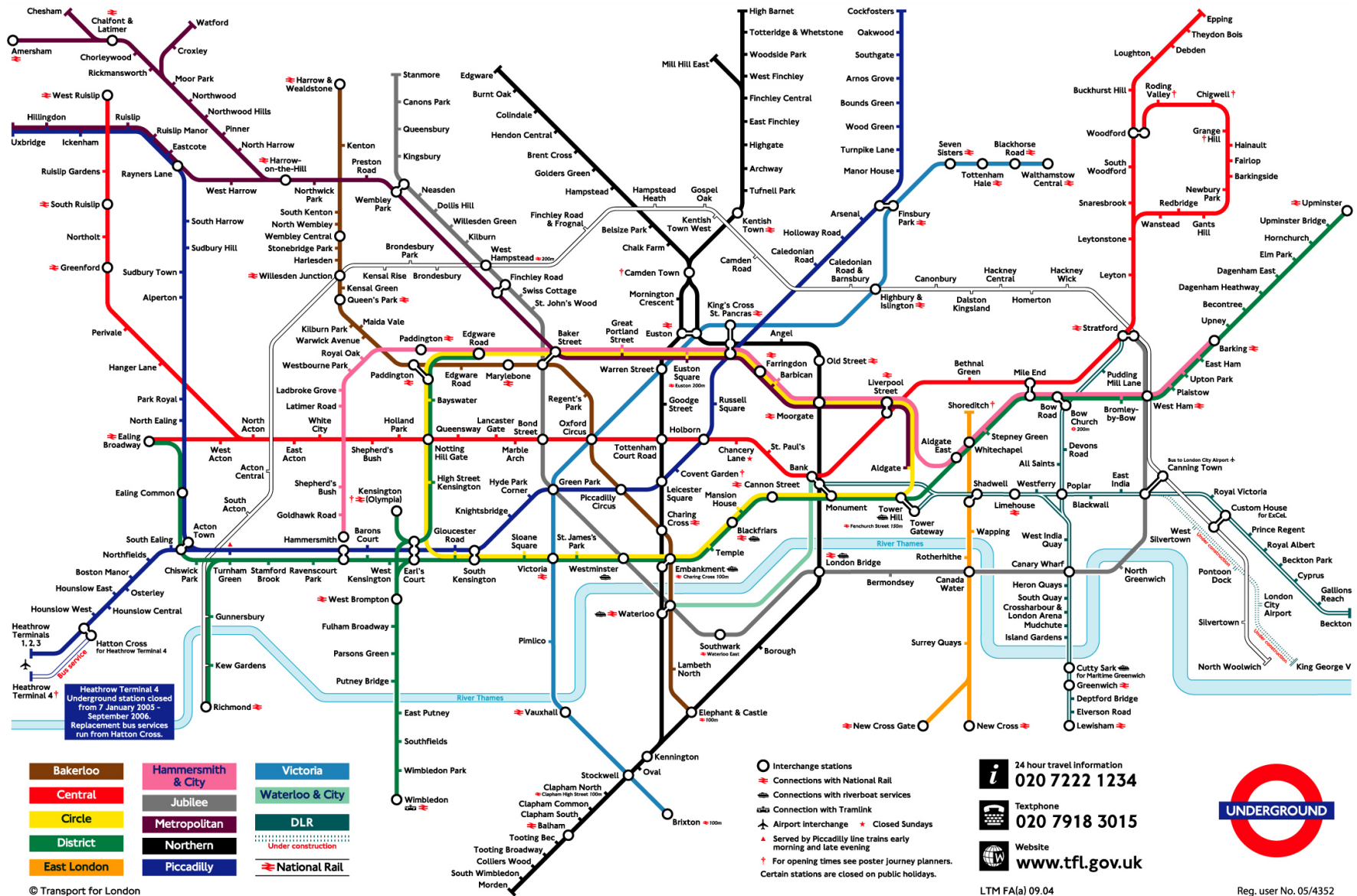
Testperson 7: Protanop. Bakerloo, Central og District er de samme. Vet ikke hvem som går hvor når de krysser hverandre.

Testperson 8: deuteranomal.

Testperson 9: Svak protanomal. Ok.

Testperson 10: Protanomal og deuteranomal. Piccadilly line (mørk lilla) og Metropolitan (mørk burgunder) er vanskelige å skille når de er ved siden av hverandre. Ellers er det vanskelig å se fargeindikasjonene på linjene og så finne de igjen på kartet, men jeg ser forskjell på strekene!





Bakerloo	Hammersmith & City	Victoria
Central	Jubilee	Waterloo & City
Circle	Metropolitan	DLR
District	Northern	Under construction
East London	Piccadilly	National Rail

© Transport for London

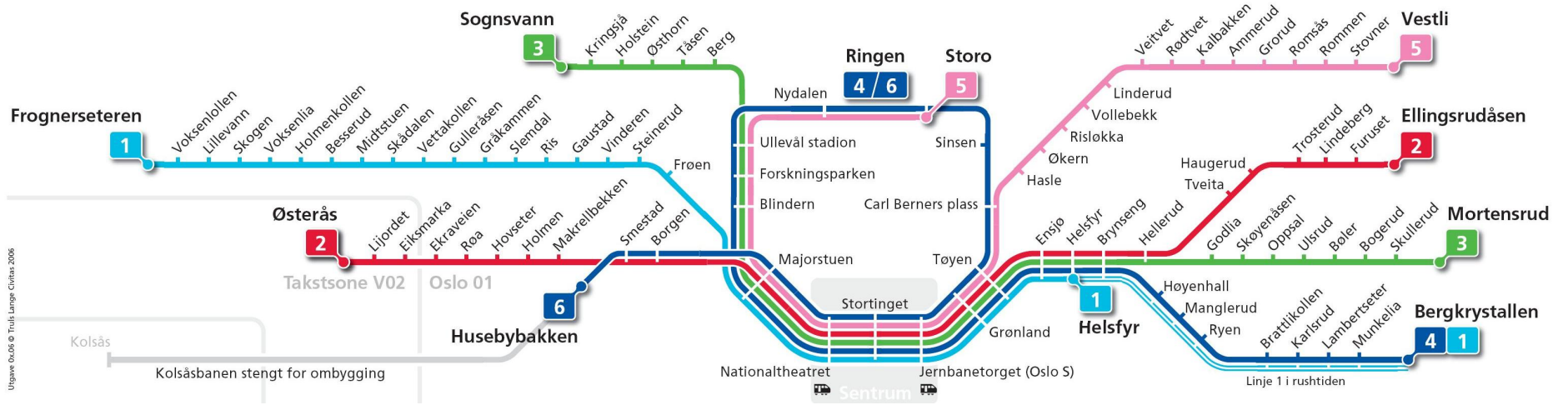
- Interchange stations
- ≡ Connections with National Rail
- ⚓ Connections with riverboat services
- 🚶 Connection with Tramlink
- ✈ Airport Interchange \* Closed Sundays
- ★ Served by Piccadilly line trains early morning and late evening
- † For opening times see poster/journey planners. Certain stations are closed on public holidays.

24 hour travel information  
**020 7222 1234**  
 Textphone  
**020 7918 3015**  
 Website  
**www.tfl.gov.uk**



Reg. user No. 05/4352

LTM FA(a) 09.04



Utgave 04.06 © Trui Lunde Civitas 2006

