Peer-reviewed article

Tegn på læring ved bruk av interaktive matematikkutstillinger ved vitensenter

Nils Kr. Rossing*,
Skolelaboratoriet, Program for lærerutdanning, NTNU, Trondheim, Norge

Sammendrag
Interaktive utstillinger ved vitensentre er antatt å ha læringseffekt på besøkende. Det er gjort en studie av to interaktive utstillingsmodeller med temaet matematikk ved Vitensenteret i Trondheim. Hensikten har vært å undersøke i hvilken grad de to modellene engasjerte publikum, og bidrog til tankeprosesser som gir grunnlag for læring. Det ble også undersøkt hvilke egenskaper ved modellene som hindret slike tankeprosesser. I løpet av studien observerte vi mer enn 170 besøkende i utstillingen mens de brukte de to utstillingsmodellene. I tillegg observerte og intervjuet jeg sju tenåringer innleid spesielt for å arbeide med utstillingene. Siden publikum står helt fritt til hvordan de vil bruke utstillingene, må man gå ut fra at det er høy korrelasjon mellom besøkstid ved en utstilling og publikums engasjement. Ved å måle gjennomsnittlig besøkstid har man funnet at begge modellene engasjerte ungdom og voksne, men også at barn (under 13 år) brukte modellene flittig, men da på andre måter enn tiltenkt. De viktigste funnene har imidlertid avdekket hvilke *hindringer* utformingen av utstillingene la i veien for å skape konstruktive tankeprosesser hos publikum. Ved for eksempel å fjerne *tidsbegrensningen* og gi publikum størst mulig *oversikt og kontroll over utstillingen*, legges grunnlaget for samtale og refleksjon som er en viktig premiss for læring. Videre er forholdene forsøkt lagt til rette slik at publikum «våger» å prøve ut nye strategier.

Nøkkelord: *Tankeprosesser*; *hands-on*; *engasjement*

Abstract
Interactive exhibits at science centres are believed to have a learning effect on visitors. This study investigates two interactive exhibits concerning mathematics at the Science centre in Trondheim, Norway, to what extent they appeal to the audience, and contributes to constructive thought processes that provide for learning. I was also looking for characteristics of the exhibits that might obstruct such thought processes. During the study we observed more than 170 visitors while they used the two exhibits. In addition I observed and interviewed seven teenagers hired specifically to work with the exhibits. Since the audience are completely free to use the exhibits as they like, it is assumed that there is a high correlation between time spent at the exhibits and public involvement. By measuring the average time for every age group, it was found that the exhibits engaged teenagers and adults to a high degree. Also children below 13 years of age used the exhibits diligently, but then in other ways than intended. Some major obstacles that the design of the exhibits let in the way of creating constructive thought processes among the audience were identified. For example, it was found that removing the time limitation of solving tasks and giving the audience the greatest possible transparency and control over the exhibits, a better basis for discussions and reflections

*Korrespondanse: Nils Kr. Rossing, Skolelaboratoriet, Program for lærerutdanning, NTNU, Høgskoleringen 5, Realfagbygget, 7491 Trondheim, E-post: nils.rossing@plu.ntnu.no

©2016 Nils Kr. Rossing. This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), allowing third parties to copy and redistribute the material in any medium or format and to remix, transform, and build upon the material for any purpose, even commercially, provided the original work is properly cited and states its license.

Citation: Nils Kr. Rossing. «Tegn på læring ved bruk av interaktive matematikkutstillinger ved vitensenter.» Nordisk tidsskrift for pedagogikk og kritikk, Vol. 2, 2016, pp. 88–107. http://dx.doi.org/10.17585/ntpk.v2.133

was laid. This is an important premise for learning. Furthermore, changes in conditions were made in order to encourage the audience to try out new strategies.

Keywords: *Thought processes*; *hands-on*; *involvement*

Received: August 2015; Accepted: January 2016; Published: April 2016

Innledning og bakgrunn

I 2011 startet et samarbeid mellom to norske vitensentre[1] med tanke på å utvikle «rike» interaktive vitensenterutstillinger som skulle stimulere til engasjement og læring innen temaet matematikk. Prosjektet var finansiert av Niels Henrik Abels minnefond.

Det faglige grunnlaget for arbeidet var forskningsprosjektet «Fostering Active Prolonged Engagement» ved Exploratorium i San Francisco (Humphrey & Gutwill, 2005). Deres utgangspunkt var å utvikle utstillinger som *engasjerte* publikum i en slik grad at de gjorde utstillingens problemstillinger til sine egne, og på den måten ble værende lengre ved modellen[2]. Publikum gikk fra å bli instruert av utstillingen til selv å ta ansvar for utforskningen.

At publikum blir værende lenge ved en utstilling, er imidlertid ingen garanti for økt læringsutbytte. En utstilling som stimulerer til konkurranse, kan gi høyt engasjement, men lavt læringsutbytte på grunn av feil fokus og begrenset refleksjon.

I løpet av 2012 – 2013 ble det utviklet to interaktive matematikkutstillinger med en påfølgende studie. Hensikten med studien var å få økt forståelse for hvordan publikum oppfattet og brukte utstillingene, i tillegg til å avdekke eventuelle hindringer for refleksjon og *konstruktive tankeprosesser,* som er viktige forutsetninger for læring (Ritchhart et al., 2011). Artikkelen beskriver de funn som ble gjort og hvilke endringer av modellene dette medførte.

Modellbeskrivelser

Følgende gir en kortfattet beskrivelse av modellene ved starten av undersøkelsen.

Modell 1: «Nærmest null»

Modellen består av ti løse tallbrikker (0 – 9) som skal plasseres slik at de danner to produkter. Oppgaven går ut på å gjøre differansen mellom produktene minst mulig (Figur 1 og Figur 2).

For eksempel:

$671 \cdot 40 =$

$598 \cdot 32 =$

[1]VilVite i Bergen og Vitensenteret i Trondheim

[2]I artikkelen brukes begrepene utstilling, utstillingsmodell og bare modell om hverandre. I denne sammenhengen er de tre synonymer for de to interaktive utstillingsmodellene som omfattes av studien.



Figur 1. Prototyp av «Nærmest null».



Figur 2. De to produktene hos «Nærmest null».

Når alle brikkene er på plass, beregnes produktene og differansen automatisk og vises på displayene. Dagens laveste score vises på et eget display (Figur 1). Modellen viser en *oppkonstruert problemstilling* fjernt fra dagliglivet, og kan derfor regnes som en rendyrket matematisk utfordring for dem som liker pusleoppgaver. Den har lav terskel ved at alle som klarer å flytte og plassere brikkene vil få gyldige løsninger selv om de ikke er optimale. Målgruppen er ungdom og voksne.

Ved starten av dagen er det relativt lett å oppnå nye dagsrekorder. Dette blir imidlertid vanskeligere etter som bestenoteringen får lavere verdi. I utgangspunktet lot jeg det være et åpent spørsmål om det var mulig å oppnå null.

Som tegn på læring ønsket jeg å se i hvilken grad publikum brukte matematiske strategier og viste forståelse for posisjonssystemet.

Modell 2: «Ut å fly - størst verdi»

Utstillingsmodellen består av en koffert og 11 gjenstander, representert ved hjelp av brikker med ulik geometrisk form, og påført forskjellig fiktiv vekt og verdi. Kofferten skal pakkes til en flyreise. Man må gjøre et utvalg av de 11 gjenstandene på grunn av vektbegrensninger. Oppgaven går ut på å velge gjenstander slik at verdien blir størst mulig, men uten at vekten overskrider 20 kg. I motsetning til «Nærmest null» er denne modellen relatert til en reell situasjon knyttet til en flyreise.

Når en er klar til å starte, trykkes START-knappen, og man begynner å legge gjenstander i kofferten. Akkumulert vekt og verdi vises fortløpende på displayene.

Oppgaven skal løses i løpet av *ett* minutt. Underveis kan man trykke på SJEKK-knappen og få vurdert hvor nær man er det optimale utvalget med hensyn til høyeste verdi. Resultatet vises på en «skala» med fem trinn, fra «Prøv igjen» til «Hurra maks.». Etter at tiden er gått, og man har fått en vurdering av hvor godt man har greid oppgaven, «tømmes» kofferten ved at luft presses opp gjennom hull i platen slik at gjenstandene glir ned i oppsamlingsboksen foran. Dermed er utstillingen klar til en ny omgang (Figur 3).

Som tegn på læring ønsket jeg at publikum skulle forstå problemstillingen og anvende forholdet mellom verdi og vekt (gjenstandenes «egenverdi») som strategi for å løse oppdraget.



Figur 3. Prototyp av modellen «Ut å fly – størst verdi».

Problemstilling og forskningsspørsmål

På bakgrunn av Vitensenterets behov for å undersøke hvordan utstillingene fungerte overfor publikum, ble følgende problemstilling formulert:

- *I hvilken grad klarer utstillingsmodellene å skape engasjement og legge grunnlag for læring hos publikum?*

På bakgrunn av problemstillingen ble følgende tre forskningsspørsmål formulert:

1. *I hvilken grad engasjeres ulike aldersgrupper av modellene?*
2. *I hvilken grad skaper modellene konstruktive tankeprosesser som tegn på læring?*
3. *Hvilke endringer bør gjøres med modellene for å stimulere til konstruktive tankeprosesser?*

I tillegg ønsket jeg å undersøke hvordan publikum reagerte på to modeller med så vidt forskjellig grad av relasjon til dagliglivet.

Teoretisk fundament

Det er ingen tvil om at vitensentre *skal* være steder for å stimulere interessen for naturvitenskap og teknologi. I målsetningen for Vitensenteret i Trondheim heter det:

- Vitensenteret skal formidle sentral kunnskap om naturvitenskap og teknologi på en interaktiv, engasjerende måte for et bredt publikum.
- Vitensenteret skal motivere barn og unge til å velge naturvitenskapelig og teknisk utdanning, fag og yrker og inspirere til innovasjon og gründervirksomhet.

(Vitensenteret, 2011).

Vitensenteret skal motivere og inspirere, men også «formidle kunnskap». Selv om publikums motivasjon for å oppsøke et vitensenter er svært forskjellig, er én av grunnene – å øke sin egen kunnskap eller lære noe nytt. Dette kommer også tydelig fram i Lars Risans studie i 2015 hvor han skriver:

> Utstillingsmodeller hvor besøkende kan oppleve lek og moro vil derfor være viktig for en ny elektrisitetsutstilling. Forskningsresultatene viser likevel at flere av informantene mener at utstillingsmodellene må inneholde mer enn bare lek og moro. De må også legge til rette for læring av ny kunnskap (Risan, 2015, s. 79).

En viktig del av læringsaspektet er at de besøkende knytter erfaringer fra utstillingen til sitt dagligliv: *Viktigst er hva du kan bruke den* (utstillingsmodellen) *til synes jeg. Hvordan den knyttes til hverdagen. Etter et besøk kan du komme hjem å se sammenhengen med andre ting. Da har du lært noe* (Risan, 2015, s. 69).

Risans studie synes å vise at publikum oppfatter at læring er nært knyttet til *å oppdage sammenhenger mellom det de opplever i utstillingen og dagliglivet*. Dette harmonerer godt med Mursells prinsipp om å se læring i en virkelighetsnær kontekst (Imsen, 1999, s. 271).

Et annet viktig prinsipp for at læring skal skje er i hvilken grad publikum får meningsfulle tilbakemeldinger på sine handlinger, det vil si om de erfarer at de nærmer seg eller fjerner seg fra måloppnåelse (Imsen, 1999, s. 311). Siden utstillingen normalt er ubetjent, forutsettes at modellene selv gir denne tilbakemeldingen for eksempel via display.

Skjer det læring ved museer og vitensentre?

Man har vært i tvil om museer og vitensentre er egnede steder for læring (Falk & Dierking, 1992, s. 97). De siste 20 års forskning har imidlertid vist at *publikum lærer* som en følge av besøk ved museer og vitensentre (Falk & Dierking, 2013, s. 221). Denne konklusjonen er vel så mye et resultat av økt forståelse for *hvordan* og *hvorfor* publikum velger å besøke et museum eller vitensenter, som økt kvalitet ved institusjonene. Denne kunnskapen har også gjort det mulig å utvikle bedre strategier for å måle *hva* publikum lærer (Falk & Dierking, 2013, s. 221).

De fleste som besøker et museum eller et vitensenter kommer av fri vilje («free-choice»). De kommer imidlertid ikke «tomhendte». Hver enkelt har med seg sine spesielle interesser og sin erfaringsbakgrunn, samtidig som besøket ofte gjøres i en sosial kontekst. Utstillingsmodellenes utforming utgjør derfor bare en liten del av det mangfold av faktorer som er med på å bestemme hvordan publikum velger å gjennomføre besøket (Falk & Dierking, 2013). Konsekvensen er at hver enkelt utstillingsmodell står i et innbyrdes konkurranseforhold om publikums oppmerksomhet.

Tilrettelagt utforskning eller *forlenget engasjement*

For at publikum skal velge å besøke en utstillingsmodell, må den framstå attraktiv med et lettfattelig budskap.

Utstillingsmodeller av typen *Tilrettelagt utforskning (TU*[3]*)* (Planned discovery[4], (PD)) guider publikum gjennom eksperimentet, gjerne ved hjelp av en detaljert beskrivelse av hva de skal gjøre, hva de skal legge merke til, for til slutt å presentere den «riktige» forklaringen. En slik strategi vil i mange tilfeller være fornuftig for å gi publikum erfaringer. Den egner seg imidlertid dårlig til å engasjere publikum over lengre tid (Humphrey & Gutwill, 2005, s. 1).

En alternativ strategi er å plante en problemstilling hos publikum for så å gi dem det verktøyet (utstillingsmodellen) de trenger for selv å utforske problemstillingen eller fenomenet gjennom lek, eksperimentering, observasjon og refleksjon. Nøkkelen for å lykkes med denne strategien er å skape et engasjement hos publikum som forsterkes og utdypes gjennom arbeidet med den interaktive utstillingen. På denne måten gir institusjonen fra seg sin autoritet som kunnskapsformidler og overlater til publikum å stille spørsmål og søke svar. Utstillinger av denne typen vil derfor være knappe på forklaringer og kun hjelpe publikum til å komme i gang. Dermed flyttes fokus fra institusjonen som kunnskapsformidler, til publikum som aktiv og engasjert utforsker. Interaktive utstillinger av denne typen har fått betegnelsen *Tilrettelagt*

[3]Artikkelforfatterens egen oversettelse av PD
[4](Humphrey & Gutwill, 2005)

for forlenget engasjement (TFE[5]) (Active prolonged engagement[6] (APE)) og er blitt utforsket ved Exploratorium i San Francisco på begynnelsen av 2000-tallet (Humphrey & Gutwill, 2005).

Thomas Humphrey skriver: «People seemed to be responding to a kind of guided freedom that invested in them the authority to participate actively in their own learning» (Humphrey & Gutwill, 2005, s. 3).

Når engasjementet øker, vil også publikum oppholde seg lengre tid ved utstillingen. For at dette skal være mulig, må utstillingsmodellen være tilstrekkelig «rik», det vil si at etter som publikum arbeider med modellen, vil den avsløre nye lag som gjør at de må foreta valg. Dermed gir den publikum mulighet til å nærme seg oppdraget på ulike måter, og det åpnes for flere veier fram til målet (Frøyland, 2010). Dette er ikke nye tanker. Man finner dem igjen hos blant andre John Dewey, som alt tidlig på 1900-tallet understreket betydningen av å gjøre egne erfaringer knyttet til aktiviteter og konkrete handlinger for å kunne tilegne seg fullverdig kunnskap. Imsen uttrykker dette slik:

> Erfaring er et resultat av samspill mellom barnets aktivitet og resultatene fra denne aktiviteten, slik de framstår fra det fysiske materialet og de sosiale omgivelsene (Imsen, 1999, s. 71).

I en utstillingssammenheng vil *resultatene fra det fysiske materialet* være responsen fra modellen i samspillet med reaksjoner og kommentarer fra de *sosiale omgivelsene* erfaringene gjøres i.

Dewey utviklet også en læringsmetode (*problemmetoden*) som synes å harmonere godt med den strategien som det legges opp til med TFE-utstillinger. I en utstillingssammenheng kan denne uttrykkes slik: Med utgangspunkt i en *opplevd* problemstilling skal publikum bli motivert til å definere og undersøke problemet. For å være i stand til dette må de skaffe seg relevant kunnskap som kan føre fram til reflekterte hypoteser som kan testes ut ved *hjelp av utstillingsmodellen*[7] (Imsen, 1999, s. 73). Dette var også utgangspunktet da arbeidet med de to interaktive utstillingsmodellene startet i 2011.

«Besøkstid» som mål på engasjement

For å bedømme kvaliteten på de interaktive utstillingene valgte forskningsgruppen ved Exploratorium å bruke videoopptak med påfølgende observasjon og analyse av publikums bruk av utstillingen. De valgte også å la besøkstiden (tiden de besøkende oppholdt seg ved modellen, «holding power» (Falk & Dierking, 2013, s. 106)), være en indikasjon på hvor engasjert publikum ble (Humphrey & Gutwill, 2005, s. 9). Falk (1982) advarer imidlertid mot ukritisk bruk av besøkstid i vurderingen av utstillinger. Han skriver: «We must also remember that information on the time the

[5]Artikkelforfatterens egen oversettelse av APE
[6]APE er navnet på prosjektet knyttet til utforsking av interaktive utstillinger ved Exploratorium
[7]Forfatterens formulering

visitor spends, by itself, is of little or no importance without an understanding of the factors that contributed to that behavior» (Falk, 1982, s. 13).

Gjennomsnittlig besøkstid for interaktive utstillinger av denne typen kan variere mye. Målinger gjort ved Exploratorium viser at gjennomsnittstiden for 15 ulike utstillinger varierte fra 1,9 til 7,7 minutter, hvorav tolv av de femten befant seg mellom 2 – 4 minutter (Humphrey & Gutwill, 2005).

De åtte tankeprosessene

Dersom man gir publikum frihet til å utforske en interaktiv utstilling på egen hånd, gir man samtidig fra seg kontrollen med hva de faktiske lærer. Som forskere ønsker man å påvirke informantene minst mulig i deres utforskning av modellene, samtidig som en vil vite hva de lærer.

Å måle publikums læringsutbytte er ikke lett. En lengre internasjonal studie (Ritchhart et al., 2011) konkluderer imidlertid med at *åtte tankeprosesser* er sentrale for å bygge forståelse (her kalt *konstruktive tankeprosesser*). Dersom man klarer å påvise noen av disse ved å observere og lytte til publikum, er dette tegn på at læring kan skje. I stedet for å måle læringsutbyttet, velger jeg å se etter konstruktive tankeprosesser. Disse oppsummeres slik av Ritchhart (Ritchhart et al., 2011, s.11–14):

- *Undre og stille spørsmål*
- *Observere nøye og beskrive hva de ser*
- *Bygge forklaringer og tolkninger*
- *Resonnere basert på evidens*
- *Knytte forbindelser og se sammenhenger*
- *Vurdere ulike synspunkter og perspektiver*
- *Avdekke kompleksitet og gå i dybden*
- *Fange essensen og formulere konklusjoner*

Metoden er utviklet med tanke på undervisning i klasserommet. Med en lærer tilstede kan han aktivt gjennom samtale og bruk av spørsmål styre elevenes tankeprosesser i retninger som støtter læring. Dette er ikke mulig på samme måte i en utstilling. Utformingen av utstillingen med tilhørende tekster blir derfor særdeles viktig (Allan, 2004).

Jeg har fått innsyn i informanters tankeprosesser ved å lytte til hva de sier og hva de gjør mens de arbeider med utstillingen i tillegg til et påfølgende dybdeintervju. Ved å la informantene arbeide to og to med modellene, stimuleres de til å samtale med hverandre.

Metode

Metodologisk består studien av tre deler:

- *Innledende observasjoner* som luker ut åpenbare feil og mangler og gjør meg kjent med situasjonen.

- *Hovedstudien* har til hensikt å observere samspillet mellom publikum og utstillingsmodellene for å se i hvilken grad de stimulerer eller er til hinder for *konstruktive tankeprosesser*.
- I tillegg gjennomføres en *enkel engasjementsstudie* ved observasjon via stasjonært kamera. Hensikten er primært å undersøke *hvem* som bruker modellene, *hvor lenge* (besøkstid) og *hvordan* de brukes. Besøkstiden brukes som en indikasjon på publikums engasjement.

Innledende observasjoner: Innledningsvis ble det gjort *ustrukturerte observasjoner* i utstillingen etterfulgt av korte intervjuer med et tilfeldig utvalg av helgepublikum. Idet de forlot utstillingsmodellen, ble de stoppet og bedt om å gi en kort omtale av deres oppfatning av modellens problemstilling og hvordan de hadde løst oppdraget. Hovedhensikten var å bli kjent med situasjonen rundt utstillingene og å luke ut opplagte feil ved modellene. Denne delen inkluderte også utprøving med ansatte ved Vitensenteret.

Hovedstudien ble gjennomført med arbeidsukeelever fra ungdomsskole (to gutter og en jente) og innleide elever fra videregående skole (tre jenter og en gutt), og omfattet observasjon av deres utforskning av utstillingsmodellene og et påfølgende dybdeintervju. Seks av ungdommene arbeidet i par, mens én jente løste oppgavene alene. Arbeidet med modellene og påfølgende dybdeintervju ble filmet med kamera plassert på hodet til en av informantene.

Hovedhensikten med denne delen av studien var å undersøke i hvilken grad utstillingene *stimulerte til konstruktive tankeprosesser* knyttet til løsning av de to matematiske oppdragene, eventuelt hva som hindret slike prosesser. For å få glimt av hvordan elevene tenkte, valgte jeg først å observere dem mens de utforsket modellene. Dette forutsatte at de ga *muntlig og visuelt* uttrykk for sine resonnementer, som også var grunnen til at de ble invitert til å arbeide i par.

Som observatør hadde jeg selvfølgelig ikke direkte innsyn i informantenes *indre* tankeprosesser. Det eneste jeg kunne gjøre var å registrere *hva de sa og hva de gjorde*. Resultatet preges derfor av min tolkning.

I det etterfølgende dybdeintervjuet fikk informantene anledning til å utdype og oppsummere sin egen forståelse av hvordan de løste oppdraget, da under påvirkning av mine spørsmål. Siden publikum normalt betjener utstillingene alene eller sammen med andre besøkende, vil de innledende observasjonene av elevene være de mest autentiske og dermed de mest interessante.

Informantene fikk svært lite informasjon om utstillingen før de startet. Tanken var at de skulle møte utstillingen på samme måte som en ordinær besøkende som ser utstillingen for første gang. Likevel skiller informantene seg fra vanlig besøkende, siden de er leid inn for å arbeide med utstillingene. Jeg antok derfor at resultatene fra denne delen av studien ville vise hvilke *muligheter* utstillingene har for engasjerte besøkende.

Denne delen av studien er en kvalitativ kasusstudie siden den utforsker et både tids- og stedbundet system (Postholm, 2010).

En kvantitativ engasjementstudie ble også gjennomført ved hjelp av et stasjonært webkamera som filmet brukerne ovenfra slik at det ble mulig å se hva de gjorde, bestemme aldersgruppe, måle hvor lenge de oppholdt seg ved modellen og hvordan de brukte den. Hensikten med denne delen av studien var å gi indikasjoner på hvilke målgrupper modellene appellerte til og i hvilken grad de lot seg engasjere.

Resultater (funn) og diskusjon

Avsnittet oppsummerer resultatene av engasjementsmålingene og observasjonene gjort av informantene.

Måling av engasjement

De to utstillingsmodellene ble observert over noen timer i løpet av to helger. Alder, besøkstid og bruksmåte ble registrert for hver bruker. Hver enkelts alder ble anslått og plassert i en av følgende kategorier: Voksen, kvinne (VK) og mann (VM) – eldre enn ca. 20 år. Ungdom, kvinne (UK) og mann (UM) – alder mellom 13 og 20 år. Barn, jenter (BK) og gutter (BM) – yngre enn ca. 13 år[8]. Gjennomsnittlig besøkstid ble beregnet for hver kategori og framstilt som søylediagrammer.

«*Nærmest null*»

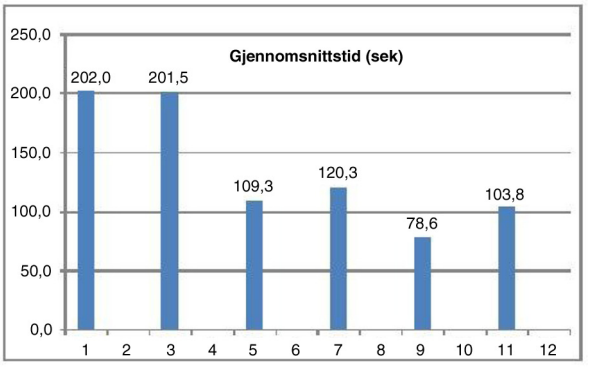
I alt ble besøkstiden for 68 brukere av modellen «Nærmest null» registrert over en tidsperiode på 4 timer og 26 minutter, hvorav 40 av de 68 tilhørte målgruppen voksen/ungdom. Gjennomsnittlig besøkstid for hver kategori er vist i Figur 4. På grunn av det relativt lave antallet registrerte besøkende er det ikke mulig å si noe sikkert om forskjellen i gjennomsnittlig besøkstid mellom voksne og ungdom. Ser vi på hele målgruppen (voksne og ungdom) under ett, har disse en gjennomsnittlig besøkstid på 181,8 sekunder eller drøyt 3 minutter (antall 40). For barna (gutter og jenter) var gjennomsnittstiden 93,9 sekunder eller drøyt 1½ minutt. Den enkeltpersonen som var lengst ved modellen var en mann som var der i 9 minutter og 28 sekunder. Gjennomsnittstiden for målgruppen harmonerer godt med typiske verdier funnet ved Exploratorium (Humphrey & Gutwill, 2005).

«*Ut å fly – størst verdi*»

I alt ble 102 brukere av modellen «Ut å fly – størst verdi» observert over en tidsperiode på 4 timer og 30 minutter (helg). I løpet av denne perioden besøkte 51 voksne, 27 ungdommer og 24 barn modellen, hvorav ca. 70% av de besøkende var to, tre eller fire sammen.

Observasjonene viste at modellen appellerte til alle aldersgrupper, men at barn brukte modellen annerledes enn ungdom og voksne. Bruken fordelte seg på følgende tre *bruksmåter*:

[8]Det må påregnes noe usikkerhet med hensyn til aldersbestemmelse siden observasjonen ble gjort uten å se ansiktet.



Figur 4. Gjennomsnittlig besøkstid for hver kategori.

1. *Brukt som «putteboks»*
   Små barn bruker modellen hovedsakelig som «putteboks». Det vil si at de legger hvert objekt på sin plass i følge den geometriske formen.
2. *Nærmest 20 kg*
   Den andre gruppen, som inkluderer både ungdom og voksne, tolker oppdraget som om de skal velge objekter slik at de oppnår en vekt nærmest mulig 20 kg, og overser kravet om samtidig å oppnå størst mulig verdi.
3. *Størst verdi, men ikke over 20 kg*
   Den tredje gruppen bruker modellen etter hensikten, men har gjerne «vært innom» gruppe 2 før de oppdager at verdien er en etterspurt parameter.

Undersøkelsene viser at ca. 60% bruker modellen etter intensjonen med en gang eller etter en stund. Det er ca. 20% som bruker den som ren «putteboks» og ca. 20% som kun tar hensyn til vekt og ikke verdi (undersøkelsen ble utført etter at modellen var forbedret (Rossing, 2014, avsnitt 4.1.2)).

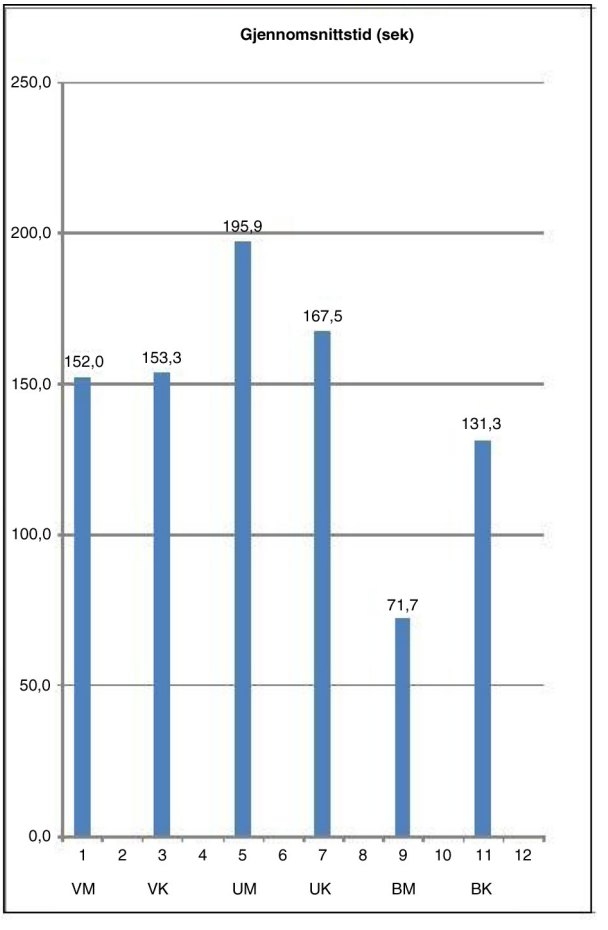
Undersøkelsen viste også at ca. 70% besøkte modellen i grupper (29) på fra 2 til 4 deltagere, hvor omtrent halvpartene av gruppene (14) besto av voksne og barn.

Gjennomsnittlig besøkstid

Figur 5 viser gjennomsnittlig besøkstid for hver av kategoriene. Det er vanskelig å si noe spesifikt om forskjellene mellom de ulike kategoriene siden både voksne og barn utforsket utstillingen sammen. Dessuten er forskjellene mellom gutt/jente og voksen/ungdom ikke signifikante. Gjennomsnittstiden for hele målgruppen (U og V) er 163,8 sekunder eller 2 minutter 44 sekunder, som er litt i underkant av medianen for målingen gjort ved Exploratorium (Humphrey & Gutwill, 2005).

Observasjon av tankeprosesser

Følgende funn ble gjort ved observasjon og dybdeintervju av innleide informanter.



Figur 5. Gjennomsnittlig besøkstid for hver kategori.

«Nærmest null»

Observasjoner viste at modellen appellerte både til ungdom og voksne (målgruppen), mens barn (under 13 år), som forventet, hadde problemer med å forstå problemstillingen. Målgruppen syntes derimot å gripe problemstillingen umiddelbart, og ble oppmuntret når de ganske raskt kunne forbedre en relativt høy differanse, men ble frustrerte når framgangen ikke vedvarte etter som de oppnådde lavere verdier.

Observasjonene viste at brukerne hovedsakelig benyttet seg av én av følgende strategier (barn holdes utenom):

1. *De som foretar reflekterte valg basert på forståelse av posisjonssystemet*
   Disse prøver seg fram ved å bytte om på siffer og ser om de kan oppnå et bedre resultat. I starten kan de gjøre reflekterte valg som tydelig indikerer at de har forstått betydningen av posisjonssystemet, etter hvert blir det mer prøving og feiling.

2. *De som foretar reflekterte valg ved å gjøre tallene i produktene så like som mulig.*
   De har bestemt seg for å gjøre tallene til høyre i produktene (mutiplikandene) så like som mulig (for eksempel 19 og 20), for deretter også å gjøre tallene til venstre (multiplikatorene) så like som mulig, men i motsatt rekkefølge (for eksempel 734 og 685). Denne strategien er effektiv inntil et visst punkt, da det viser seg at den lavest oppnåelige differansen med denne strategien, er 236 (Rossing, 2014, avsnitt 2.9.1).
3. *De som foretar reflekterte valg ved å se på forholdet mellom multiplikandene og mellom multiplikatorene.*
   Dersom forholdet mellom multiplikandene for eksempel er som 1:2, så må forholdet mellom multiplikatorene være som 2:1, også flere andre forholdstall kan velges. Dersom man lykkes med å gjennomføre denne strategien, vil man alltid kunne komme fram til en differanse lik null. Utfordringen er å velge forholdstall som lar seg realisere med de tilgjengelige sifrene.
4. *Tilfeldig prøving og feiling.*
   I frustrasjon over ikke å komme videre, begynner de fleste å bytte om siffer mer eller mindre tilfeldig. Skal de imidlertid lykkes med denne metoden, bør de bryte opp sitt beste resultat og prøve noe helt nytt, noe som de fleste synes å kvie seg for.

Betydningen av en kunstig kontekst

På spørsmål om det betydde noe at problemstillingen var kunstig (ikke autentisk), var svarene noe sprikende. En (jente) mente at den kunstige problemstillingen reduserte interessen for modellen, siden, som hun sa: «. . . det var jo bare tall» (det vil si, tolket som lite relevant i dagliglivet), mens andre (gutter og jenter), mente at det ikke gjorde noe bare oppdraget var motiverende og gøy.

Selv om det ikke er uttalt, kan det se ut til at modellens umiddelbare respons kan stimulere til ureflektert prøving og feiling: Det er lettere å prøve, enn å foreta reflektere valg. Det ble imidlertid observert konstruktive tankeprosesser. Her er noen eksempler (Rossing, 2014, avsnitt 4.2):

- **Observere nøye og beskrive hva som er der: J:** «. . . Plasser de ti sifrene slik at differansen mellom produktene blir minst mulig. Klarer du å få null? . . . Åja sånn ja det er meningen å ta . . .» **A:** «. . . få dem til å bli nærmest null» (gutter). De leser nøye, beskriver for hverandre og forstår oppdraget.
- **Undre og stille spørsmål: A:** «. . . Er det ikke noen enkel formel for å finne ut sånn her?», **J:** «. . . sikkert noe bortgjemt». Her skimter man en lengsel etter skolens trygge oppskrifter for løsning av oppgaver.
- **Bygge forklaringer og tolkninger: B:** «. . . jeg prøver å få dem (tallene til høyre) så nærme inntil hverandre som mulig . . . disse her må det være bare én i mellom . . .» (jente). Denne jenta resonnerer svært logisk i henhold til en kløktig uttenkt strategi (strategi 2).
- **Resonnere basert på evidens: J:** «. . . Jeg må prøve å få det til å bli det samme (to like produkter) da». Gjør noen raske ombyttinger og differansen rykker

stadig nærmere null. **J:** «... ser du det blir stadig mindre og mindre». A: «... Matte er ditt fag». J motiveres av at den metoden han har valgt fungerer slik at han kan avanserer meget raskt videre (strategi 1).

- **Gjøre koblinger og se sammenhenger: NKR (forsker):** «... men mener du at tallene der må være etter hverandre?» **B:** «... de må ikke det, men det er desidert enklest å ha dem nærmest hverandre, da blir differansen minst mulig» (jente). Hun mener å se en tydelig sammenheng som gjør at hun holder fast på sitt valg, som er fornuftig, men ikke den beste strategien, viser det seg (strategi 2).

Hinder for tankeprosesser: Det mest interessante er imidlertid å studere hva som var de største *hindrene* for konstruktive tankeprosesser:

- *Frykt for å glemme sitt beste resultat*
  Når differansen blir mindre, blir det stadig vanskeligere å komme lavere. På dette tidspunktet begynner de fleste å prøve seg fram mer eller mindre tilfeldig. Dette kan være en effektiv metode om de hadde våget å ta steget fullt ut og prøve noe helt nytt. Observasjoner viser at så og si alle som er kommet så langt, kvier seg for å forlate sitt beste resultat. De prøver en ombytting, for så å gå tilbake til sitt beste resultat dersom de ikke oppnår en umiddelbar forbedring. Andre bruker all sin energi på å forsøke å huske en tidligere oppstilling som ga et godt resultat. Dermed glemmer de å resonnere konstruktivt.

«*Ut å fly – størst verdi*»

Selv om bare ca. 60% bruker modellen etter intensjonen, så bekreftet observasjonene at alle bruksmåter framkaller tankeprosesser knyttet til matematikk, om enn på forskjellig vis. Den første gruppen (barn) gjenkjenner geometriske former, den andre sammenligner ulike vekter, mens den tredje gruppen benytter forholdstall. Under er gjengitt noen eksempler på observasjoner av ulike tankeprosesser med kommentarer:

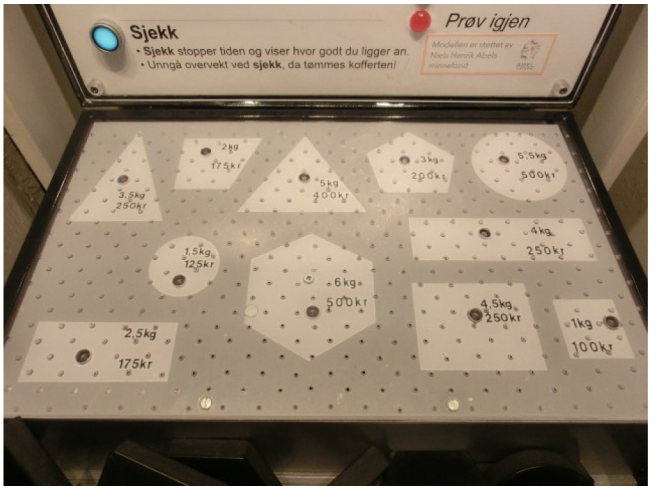
- **Observere nøye og beskrive hva de ser: J:** «Legg gjenstanden i kofferten slik at verdien blir størst mulig, men ikke overskrider 20 kg. Trykk start når du er klar ...“ (gutter). Sitatet viser at informantene leser oppgaven og forsøker å forstå oppdraget.
- **Bygge forklaringer og tolkninger: O:** «... jeg tenkte at det skal være maks, 20 kg, og da tenkte jeg at den her og den her har like mye verdi, men denne veier mindre ...» (jenter). Flere sammenligner to objekter med lik verdi, men forskjellig vekt, for så å velge den med lavest vekt, det vil si størst verdi per *vektenhet*. De resonnerer dermed med utgangspunkt i forholdstall.
- **Resonnere basert på evidens: I:** «... skal jeg prøve en siste gang da for da vet jeg hva jeg skal ha ... jeg skal ha den ... så skal jeg ha den ...» (jenter). Ut fra erfaring vet de hvordan de skal begynne.
- **Gjøre koblinger og se sammenhenger: B:** «... jeg synes designet virker sånn litt spennende ... Fly det er liksom litt sånn ... folk har lyst til å se på det ...»

(jente). Det at modellens tema kobles til det å reise med fly, gjør den attraktiv, mener flere av informantene. Andre sier at det ikke betyr så mye for dem, men tror det har betydning for andre fordi de fleste synes at det er spennende å skulle ut å reise.

Rossing gjengir en lang rekke sitater som refererer til ulike tankeprosesser (Rossing, 2014, avsnitt 4.2). Imidlertid er det hovedsaklig tankeprosesser innen de samme kategoriene som i eksemplene over.

Hinder for tankeprosesser: Også for denne modellen er det mest interessante å studere hva som var de største *hindrene* for konstruktive tankeprosesser:

- *Modellens egen regi skapte forvirring og en opplevelse av manglende kontroll*
  Når publikum hadde trykket på START-knappen, tok modellen «regien» og var ganske «ufølsom» for ønsker fra publikum. Hadde de først trykket, begynte klokka å gå, og etter ett minutt fikk de resultatet av sine anstrengelser. De hadde ingen mulighet til å restarte klokka på nytt underveis som flere ønsket da de så at deres forsøk bar galt avsted. Mange hadde dessuten problemer med å forstå modellens «regi» og uttrykte frustrasjon over å bli *fratatt kontrollen*.
- *Tidspress, et hinder for tankeprosesser*
  Observasjonene bekreftet at de ble stresset av tidsbegrensningen, hvilket også var hensikten. Imidlertid synes dette å medføre urefleksterte valg, og dermed ble det et hinder for *konstruktive tankeprosesser*. Det endte derfor lett opp med prøving og feiling, hvilket ikke var hensikten.
- *Tittelens betydning*
  Modellens tittel hadde også stor betydning for tolkningen av oppdraget. Da modellen ble satt ut i utstillingen, hadde den feilaktig fått tittelen: «Størst *vekt* opp til 20 kg», mens det egentlig skulle ha stått: «Størst *verdi* opp til 20 kg». Denne feilen medførte at så og si alle optimaliserte kun på vekt, selv om oppdraget var riktig formulert i selve oppgaveteksten. Feilen ble avslørt under de innledende observasjonene og raskt endret.
- *Oversiktlighet*
  Mange hadde problemer med å få oversikt over brikkene som lå i oppsamlingsboksen foran i kofferten, og brukte mye tid på å hente fram og se på brikkene (objektene). Det var dessuten svært upraktisk at det ikke sto vekt og verdi på objektene, men bare på plata der objektene skulle legges (Figur 6). Dette medførte at vekt og verdi ble tildekket så snart objektet var lagt på plass, noe som hindret oversikt og konstruktive resonnement.
- *Realistisk og gjenkjennbar kontekst*
  Svarene sprikte når det gjaldt betydningen av at modellen beskrev en gjenkjennbar kontekst (Ut å fly): En (jente) sier at dette kan bety mye siden mange forbinder en flyreise med noe positivt. Mens en annen (gutt) sier at for ham betydde det ikke så mye bare det var gøy å løse oppdraget, men han trodde at en slik konkretisering kunne bety noe for yngre barn. Som det framgår av



Figur 6. Plata for plassering av objektene i kofferten.

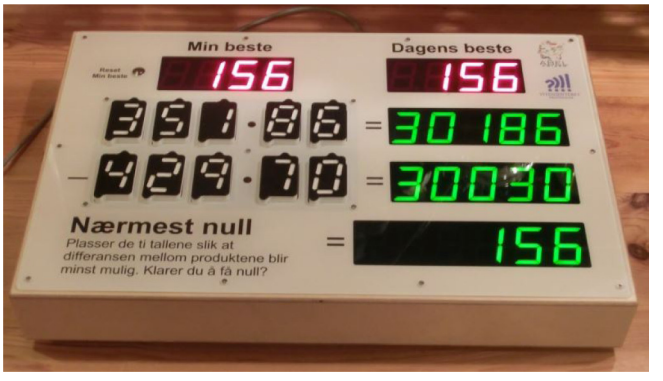
resultatene, så var det flere funn som indikerte at utstillingene med enkle grep kunne gjøres betydelig bedre egnet til å skape den ro som skulle til for å frambringe konstruktive tankeprosesser.

Forslag til forbedringer

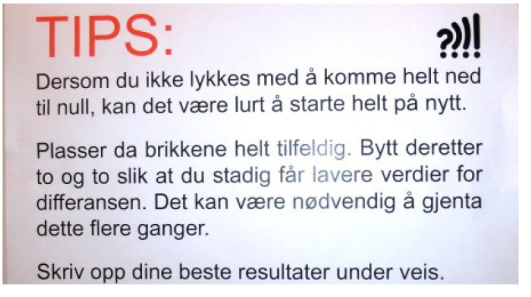
Hensikten med undersøkelsen var blant annet å forbedre utstillingsmodellene slik at de besøkende i større grad kunne utvikle konstruktive matematiske tankeprosesser. På bakgrunn av studiens funn ble følgende tekniske og pedagogiske forbedringer foreslått.

«Nærmest null»

1. *Våge å forlate sin beste verdi*
   Besøkende oppmuntres til å bryte opp sitt beste resultat i en fastlåst situasjon, ved at det legges fram papir og blyant slik at de kan notere sin beste oppstilling. Dermed er det lettere å prøve ut helt nye oppstillinger siden de vet at de alltid kan komme tilbake til sin bestenotering.
2. *Gjøre det lettere å konkurrere med seg selv*
   For å hindre at en meget god «Dagens beste»-verdi skal virke demotiverende, suppleres modellen med en resettbar «Min beste» (eget display) i tillegg til «Dagens beste» (Figur 7). Dermed kan de konkurrere med seg selv før de eventuelt konkurrerer mot «Dagens beste».
3. *Gi tips til løsningen. Er det mulig å oppnå null?*
   Mange har ønsket tips. Plakaten (Figur 8) oppmuntrer publikum til å bryte opp sin bestenotering og starte helt på nytt om de ikke kommer videre. Det er også mange som spør om det faktisk er mulig å oppnå en differanse lik null. Det er



Figur 7. «Nærmest null» med nytt design.



Figur 8. En tipsplakat ble satt opp.

derfor satt opp en plakat som opplyser publikum om at det finnes flere løsninger som gir null, og at vi inviterer dem til å vise sin løsning i resepsjonen for å se om den tidligere er funnet av andre besøkende.

«Ut å fly – størst verdi»

Følgende endringer ble foreslått for denne modellen:

1. *Objektene påføres vekt og verdi* . . .
   slik at det blir lettere å ha oversikt også etter at de er lagt på plass «i kofferten». Plassen der objektene skal legges, merkes på samme måte som tidligere.
2. *Oppsamlingsboksen* . . .
   foran i kofferten skråstilles slik at det blir lettere å se de enkelte objektene mens de «venter på» å bli brukt (Figur 9).
3. *Teksten*
   Sørge for å gjøre teksten på panelet slik at den blir kort og konsis (Figur 10).
4. *Fjerne tidspresset* . . .
   slik at de besøkende får ro til å reflektere over sine valg.
5. *Gi publikum full kontroll over modellen*
   Ved å fjerne tidskravet trengs heller ikke START-knappen. Dermed blir regien meget enkel, og publikum får full kontroll over modellen.



Figur 9. «Ut å fly – størst verdi» med nytt design.



Figur 10. Kontrollpanelet for «Ut å fly – størst verdi» med nytt design.

6. *SJEKK-knappen beholdes* . . .
   for å motivere publikum til å resonnere seg fram til neste trekk, i stedet for blindt å prøve seg fram.

Kofferten «tømmes» automatisk ved hjelp av trykkluft dersom ingen brikker er flyttet i løpet av 60 sek.

Samtlige av de nevnte endringene ble implementert på de tolv modellene som våren 2015 ble bygget ved Vitensenteret i Trondheim, åtte «Nærmest null» og fire «Ut å fly – størst verdi».

Konklusjon

De viktigste funnene er at begge utstillingsmodellene appellerer til både voksne og ungdom, og at de stimulerer til konstruktive tankeprosesser relatert til matematikk og logisk tenkning. At en av modellene henspiller til en virkelig situasjon fra dagliglivet, gjør den mer attraktiv for noen, mens det betyr mindre for andre. Det synes viktigere at en utstilling er artig og skaper engasjement, enn at den er autentisk.

Det er dessuten særdeles viktig at publikum gis mest mulig frihet og ro dersom målet er å stimulere til konstruktive tankeprosesser. Konkurranse virker engasjerende, men synes ikke å stimulere til konstruktive tankeprosesser som krever tid til refleksjon. Det virket derfor positivt å fjerne tidspresset og gjøre modellen «Ut å fly – størst verdi» helt publikumsstyrt. Brukergrensesnittet ble forenklet, og publikum fikk bedre oversikt ved at brikkene ble merket og oppbevaringsboksen skråstilt.

Modellen «Nærmest null» legger opp til konkurranse, men uten tidspress. Den største ulempen ved modellen er at den ikke stimulerte publikum til å bryte opp et «godt» resultat for å oppnå et bedre. Papir og blyant ble derfor lagt fram slik at de kunne notere resultatene sine for på den måten å «tørre» å være mer utforskende. Foreløpig er det for få holdepunkter til å kunne si om dette gjorde publikum mer «modige».

Denne studien viser at begge utstillingene skaper engasjement og stimulerer til konstruktive tankeprosesser. Det viktigste resultatet er imidlertid at jeg i større grad enn tidligere har forstått betydningen av å observere og lytte til publikum mens de arbeider med utstillingene.

Biografi

Nils Kr. Rossing er utdannet sivilingeniør innen fysikalsk elektronikk fra NTH (1977). Han arbeidet som forsker ved SINTEF fra 1980 til 1999 innen undervannsakustikk, romteknologi og telekommunikasjon. Fra 1998/99 har han hatt en delt stilling som prosjektleder ved Vitensenteret i Trondheim (40%) med ansvar for utvikling av lærerkurs og interaktive utstillinger. I tillegg har han hatt stilling som universitets-/førstelektor ved Skolelaboratoriet (PLU), NTNU (60%) med ansvar for utvikling av læremateriell, utvikling og gjennomføring av etter- og videreutdanningskurs, og etter hvert engasjert i masterstudiet i naturfagdidaktikk.

Referanser

Allan, S. & Gutwill, J. (2004). Designing science museum exhibits with multiple interactive features: Five common pitfalls. *Curator*, *47*(2), 199–212.

Falk, J. H. (1982). The use of time as a measure of visitor behavior and exhibit effectiveness. *Journal of Museum Education: Roundtable Report*, *7*(4), 10–13.

Falk, J. H. & Dierking, L. D. (1992). *The Museum Experience*. Washington: Whalesback.

Falk, J. H. & Dierking, L. D. (2013). *The Museum Experience*. Walnut Creek, California: Left Coast Press.

Frøyland, M. (2010). *Mange erfaringer i mange rom – Variert undervisning i klasserom, museum og naturen*. Oslo: Abstrakt forlag.

Humphrey, T. & Gutwill, J. (2005). *Fostering Active Prolonged Engagement: The Art of Creating APE Exhibits*. San Francisco: Left Coast Press.

Imsen, G. (1999). Lærerens verden – Innføring i generell didaktikk. 2. utg. *Tano Aschehoug*, Otta.

Postholm, M. B. (2010). *Kvalitativ metode – En innføring med fokus på fenomenologi, etnografi og kasusstudier.* 2. utg. Oslo: Universitetsforlaget.

Risan, L. G. (2015). *Veien mot en ny elektrisitetsutstilling – En studie utført ved Vitensenteret i Trondheim*. Masteroppgave i naturfagdidaktikk ved NTNU, Trondheim.

Ritchhart, R. & Church, M., & Morrison, K. (2011). *Making thinking visible – How to promote Engagement, Understanding, and Independence for All Learners*. San Francisco: Jossey-Bass, Wiley Imprint.

Rossing, N. K. (2014). *Uttesting av interaktive matematikkmodeller ved Vitensenteret i Trondheim*. Skolelaboratoriet ved NTNU, Rapport revisjon 2.0, Trondheim.

Vitensenteret (2011). Strategisk plan og handlingsplan for ViT 2011–2013. Hentet fra http://vitensenteret.com/nb/strategi