

På leit etter grunnlag for norske barnehagers matematikdidaktiske arbeid med romforståelse.

- Et systematisk søk på forskning om barns utvikling av romforståelse gjort i barnehagekonteksten 1995-2010

Fosker, Line Ingjerd Rønning: Høgskolelektor, Høgskolen i Buskerud og Vestfold, Norge. E-post: Line.I.R.Fosker@hbv.no

PEER REVIEWED ARTICLE, VOL.10 (4), p. 1-20, PUBLISHED 1TH OF JULY 2015



Abstract: A review of research on children's development of spatial reasoning in a preschool setting 1995-2010. This study reviews 16 journal articles, books and theses on spatial reasoning in early childhood mathematics education. The data was collected by way of systematic search in several major databases and relevant digital and non-digital journals. The article gives a brief presentation of the main findings and the different methods used and, if applicable, the authors' focus on didactics in both method and analysis. When it comes to children's mathematical learning processes, a main focus for a majority of studies is children's use of constructional play material. When it comes to preschool teachers' work with spatial reasoning, most studies focus on the teachers' planned and spontaneous communication with the children. The article then goes on to discuss these findings in relation to the Norwegian Framework Plan for Kindergartens. It seems like future research on the teachers' use of material, on their work with visualization and orientation, and on their general focus on spatial reasoning could gain curriculum practise.

Keywords: Mathematics, spatial reasoning, preschool children, kindergartners, didactics

Sammendrag: Denne oversiktsartikkelen gir en presentasjon av 16 internasjonale forskningsarbeider som ser på barns romforståelse i en barnehagekontekst. Arbeidene består av 14 vitenskapelige artikler, en bok og en doktorgrad, og disse ble funnet gjennom systematiske søk i flere større databaser og relevante digitale og analoge tidsskrift. Artikkelen gir en kort presentasjon av de ulike arbeidenes metode, hovedfunn og didaktiske vinkling.

Når det gjelder barns utvikling av romforståelse har en majoritet av studiene fokus på hvordan dette kan belyses ved å studere og stimulere barns konstruksjonslek. For de studiene som ser på pedagogens rolle i arbeid med romforståelse legges det mest vekt på kommunikasjon, både planlagt og spontan kommunikasjon. Oversiktsartikkelen drøfter deretter hvilken betydning disse arbeidene kan ha for arbeidet med romforståelse i norske barnehager. Det kan se ut som at videre forskning bør vektlegge barnehagelærerens bruk av materiell, hvordan man planlegger arbeid med visualisering og orientering, og hvordan et økt fokus på romforståelse kan støtte barnehagelærerens arbeid med å iverksette den norske rammeplanens intensjoner på området.

Nøkkelord: matematikk, romforståelse, geometri, matematikdidaktikk, barnehage,

Introduksjon

Barn i ettårsalderen har den mentale kapasiteten som gjør at de begynner å koble sammen sine romlige handlinger med mentale representasjoner, noe som støtter utviklingen av romforståelse (Sarama & Clements, 2009, s. 170). Kunnskap om barns utvikling av romforståelse vil derfor være relevant for pedagogiske institusjoner som møter barn i småbarnsalder (Føsker, 2012). Ness og Farenga (2007) mener at kunnskapsbasen som er bygd opp rundt barns romforståelse i for liten grad har vært basert på barnets hverdagskontekst:

(..) neither Piaget nor the post-Piagetians have identified the essence of cognitive behaviors in children within the every-day context. It follows, then, that past and recent research in the field of spatial and geometric thinking has failed to account for the everyday goings on of the child. (Ness & Farenga, 2007, s. 21)

Hvis det fins forskning som er gjort i hverdagskonteksten til barnehagebarnet er det derfor viktig å løfte den frem og analysere hvilken betydning den har for praksis.

Matematikdidaktikk er et raskt voksende felt og behovet for oversiktsartikler er påpekt av forskermiljøet (Blomhøj, Valero, & Häggström, 2009). En høy publiseringsfrekvens kan gjøre det spesielt vanskelig å oppdage og få tilgang til oppdatert kunnskap innen mindre felt av matematikdidaktikken, som for eksempel Early Childhood Mathematics Education. Omfanget av forskning innen dette feltet og hvilke tema som vektlegges har tidligere blitt undersøkt av Fox og Diezmann (2007), som beskriver en mangel på forskning som analyserer og drøfter matematikk i barnehageårene. Fox og Diezmann fant for tidsperioden 2000-2005 208 forskningsartikler som så på matematikk for barn i alderen 0-6 år, og fant også at det dominerende emnet var tall og tallforståelse. Hyppighet og vinklinger på artikler som vektlegger emnet romforståelse blir ikke kommentert i Fox og Diezmann sitt arbeid. Dette reviewarbeid ønsker å gi en oversikt over forskning på barns utvikling av romforståelse som er basert på direkte observasjon av barn i barnehagen og/eller intervjuer i barnas hverdagsliv i barnehagen. Gjennom søk i ulike elektroniske databaser ønsker jeg å kartlegge den eksisterende kunnskapen på denne delen av feltet som er publisert i perioden 1995-2010. Artikkelen vil deretter drøfte hvilken betydning denne forskningen kan ha for arbeid med romforståelse i fagområdet Antall, rom og form (Kunnskapsdepartementet, 2006) i norske barnehager.

Geometri og romforståelse

Geometri er den greske betegnelsen for jordmåling, et begrep som stammet fra den egyptiske høykulturen rundt Nilen rundt år 3000 f.Kr. Utstrakt bruk av geometri er også funnet i det samtidige Babilonske rike (Mlodinow, 2001). Behovet for et slikt verktøy oppsto i disse kulturene som et

resultat av beskatning av jord og konstruksjon av avanserte byggverk og maskiner. Praktisk geometri bidro til å løse disse oppgavene og dermed drifte mer og mer komplekse samfunn. At geometri oppsto i parallelle kulturer har av flere vært brukt som et argument for at kunnskapen var gudgitt eller medfødt i mennesket. Diskursen om geometriens opphav har siden denne tiden vært preget av to ulike syn: Geometri som evige sannheter om perfekte objekter, som i Platons idéverden, eller geometri som et menneskekonstruert verktøy. Den allmenne oppfatning av geometri i dag knyttes til den systematisk oppbygde geometrien som Euklid (ca. 300 f.Kr.) samlet og presenterte i Elementene, der han beskriver målbare begreper som vinkler, lengder, flater og volum, og presenterer grekernes abstrahering og videreutvikling av geometrien med aksiomer og bevis. Denne euklidske geometrien har i undervisningssammenheng ofte vært utøvd som skrivebordsgeometri med liten relevans for barns og elevers fysiske opplevelse av rommet (Berthelot & Salin, 1998; Fyhn, 2002).

Den nederlandske matematikeren Hans Freudenthal ønsket å bryte med denne allmenne tolkningen av geometrien da han med utgangspunkt i Euklids geometri beskriver geometri som en måte å gripe tak i rommet på:

(..)- geometry is grasping space. (..) it is grasping that space in which the child lives, breathes, and moves. The space that the child must learn to know, explore, conquer, in order to live, breathe and move better in it. (Freudenthal, 1973, s. 403)

Her beskrives et aktivt barn som selv utforsker og “får tak på” rommet, og på den måten erobrer det og gjør det til sitt. Freudenthal fremhever med dette betydningen av barns egen geometriske utforskning, og løfter dermed geometriens betydning fra skrivebordsaktivitet til en forutsetning for å forstå og leve i en tredimensjonal verden.

Geometri kan deles opp i romforståelse, målingsforståelse og formgjenkjenning (Fosse & Munter, 1997). En annen rådende inndeling er å se på måling som en egen matematisk aktivitet som utgår fra geometrien, men der geometrien selv består av kunnskap om rom og form (Buys & Heuvel-Panhuizen, 2005; Sarama & Clements, 2009). Begrepsbruken innenfor matematikken når det gjelder menneskets forståelse av rom er varierende og ikke alltid konsistent (Ness & Farenga, 2007). Å utforske rom med kroppen (romlig handling) og utvikle språk for rombegreper (romlig språk) er sentralt for å utvikle romforståelse -også kalt romlig tanke og romlig tenkning (på engelsk spatial reasoning) (Sarama & Clements, 2009). Romforståelse har flere bestanddeler. Her i denne artikkelen brukes inndelingen av romforståelsen i romlig orientering og romlig visualisering slik man finner det hos Tartre (1990) og Sarama og Clements (2009). Orientering handler om å forstå og kunne handle ut fra forhold mellom ulike posisjoner i rommet, i første omgang ut fra sin egen plassering og din egen bevegelse gjennom rommet, og endelig til å kunne bruke, lage og forstå kart og koordinater (romlig representasjon). Visualisering deles opp i mental rotasjon og mental transformasjon.

Barns utvikling av romforståelse

Freudenthals aktive barn finner vi også hos Piaget og Inhelder (1956), som mener at barnets aktive handlinger gradvis konstruerer en forståelse for rommet og dets rekkefølge, perspektiver, former og avstander. Det er altså på ingen måte tilstrekkelig å gjøre en perseptuell avlesning av rommet, og dette står igjen som et av Piagets sentrale funn i forhold til utviklingen av romforståelse. Piaget og Inhelder mente også at barnets geometriske forståelse utviklet seg trinnvis, der barn først gjør erfaringer med og representerer topologiske egenskaper ved rommet, som rekkefølge og åpent/lukket rom, deretter projektive egenskaper som ulike perspektiv og at parallelle linjer møtes i horisonten, og til slutt euklidske egenskaper som avstander og vinkler. Dette kalles hans topology primacy-tese. Dette ville

for eksempel betyr at barn i liten grad kunne forstå kart, noe som er motbevist i flere undersøkelser (for en oversikt se for eksempel Sigurjónsson, 2007). Freudenthal mente at Piatets problem var antagelsen om at barnets *utvikling* kunne følge samme struktur som en av flere teorier rundt geometriens struktur. Men han påpekte at denne kritikken ikke måtte trekkes for langt, i og med at Piaget aldri hadde ment at *undervisningen* i geometri skulle bygges opp etter denne strukturen:

He (Piaget) chose the structure of geometry familiar to him as the canvas on which the child's development must be recorded. (...) there is no proof that Piaget advocated teaching according to curricula patterned on the structure of a science. (Freudenthal, 1991, s. 27-28)

I dag er forskningen preget av et balansert syn: Teorien om at barn parallelt utvikler forståelse for disse tre typene geometri (topologisk, projektiv og euklidisk) og ikke etter noe entydig rekkefølge har fått mye støtte (Clements & Battista, 1992). Studier viser at barn kan ta andres perspektiv i førskolealder (se for eksempel Aaten, van den Heuvel-Panhuizen, & Elia, 2011) og at de tidlig er bevisst på at en person med en annen plassering ser noe annet enn dem selv (se for eksempel Sæbbe, 2010). Nyere småbarnsforskning viser at kommunikasjon og møte med andre kompetente barn og voksne betyr mye for læring generelt (Justice, Petscher, Schatschneider, & Mashburn, 2011; Mashburn et al., 2008; Siraj-Blatchford & Sylva, 2004), og at utviklingen starter fra fødselen av. Når det for eksempel gjelder romlig visualisering viser Örnkloo (2007) at barn rundt slutten av andre leveår er i stand til å mentalt rotere en kloss og dermed for eksempel klarer å orientere den rett i lek med den kjente putteboksen. I voksen alder kan vi fortsatt ha utfordringer med å rotere og transformere objekter mentalt, siden denne prosessen avhenger av erfaringer. En som har mange erfaringer med å pakke ting i esker vil ha bedre forutsetninger til å bruke mental transformasjon for å anslå hvor mye det er plass til i en eske uten å prøve, enn en person som aldri har pakket ting i en eske før.

Trening på isolerte ferdigheter innen romforståelse har ikke gitt ønskede resultater, derimot tyder en begrenset mengde forskning på at erfaring og sosiokulturell påvirkning spiller en viktig rolle (Newcombe & Huttenlocher, 2003; Sarama & Clements, 2009, s. 162). Dette synet på læring kjenner vi igjen i Rammeplan for barnehagens innhold og oppgaver (Kunnskapsdepartementet, 2006) der det slås fast at "Læring skal foregå i det daglige samspillet med andre mennesker og med miljøet og være nært sammenvevd med omsorg, lek og danning" (Kunnskapsdepartementet, 2006, s. 6). Barnets opplevelse av mening er også løftet frem som et sentralt premiss for at læring skal skje (Dahlberg, Moss, & Pence, 2002; Flottorp, 2010). Dette var Freudenthal selv advokat for i sin idé om realistisk matematikkundervisning, der man ser på matematikk som en menneskelig aktivitet som må gjenoppfinnes (reinvention) av det enkelte barnet. Lærerens oppgave blir da å guide barna mot matematisk forståelse (guided reinvention). Dette krever at den voksne tar barneperspektivet i læringsprosessen, bottom-up reasoning, i motsetning til læreplaners perspektiv som blir beskrevet som en top-down imposition, en pålagt oppgave som kommer ovenfra-og ned (van Nes & van Eerde, 2010). Lærerens rolle omtales som en guide og beskrives som en balansegang: "Guiding means striking a delicate balance between the force of teaching and the freedom of learning" (Freudenthal, 1991, s. 55). Sarama og Clements (2009) mener i denne sammenhengen at romlige erfaringer gjøres best i hverdagsaktiviteter og hverdagssituasjoner. Dette synet på læring gjenspeiles ikke bare i fagområdet Antall, rom og form i Rammeplan for barnehagens innhold og oppgaver, men i norsk matematikdidaktisk litteratur for barnehagen generelt (Carlsen, Wathne, & Blomgren, 2012; Høines, 1998; Linden, 1997; Solem & Reikerås, 2008). Denne litteraturen må sies i stor grad å være influert av Vygotskijs syn på lek og læring, og av sosiokulturelle perspektiver på læring generelt. Feltet er i Norge relativt nytt, og med bakgrunn i at matematikkfaget i barnehagelærerutdanninga i 2013 fusjonerte med norskfaget og pedagogikkfaget til å bli det nye kunnskapsområdet Språk, tekst og

matematikk (Kunnskapsdepartementet, 2012), kan man som Bøhler (2012) si at matematikken i barnehagen fortsatt befinner seg i en etableringsfase. En evaluering av hvordan rammeplanen for barnehagen blir innført, brukt og erfart viste at barnehagene prioriterer arbeid med fagområdet Antall, rom og form, men at det er mye arbeid med tall og telling og mindre fokus på romforståelse (Føsker, 2010; Østrem et al., 2009).

Formål med undersøkelsen

Hovedformålet er å løfte frem relevant forskning, kategorisere den og avdekke hvilken ny kunnskap fra studiene som er relevant for didaktisk arbeid med romforståelsen i fagområdet Antall, rom og form i den norske barnehagen. Spesielt ønsker jeg i mitt review å se etter hvilken kunnskap som fins rundt barnehagelærrollen i barns utvikling av romforståelse og hvilken kunnskap barnehagelæreren trenger for å kunne velge ut og bruke materiell i arbeidet.

Målet for vitenskapelige oversiktsartikler er ofte å samle og analysere kunnskap innenfor et fagområde hvor det er gjort store mengder forskning, men målet kan også være å identifisere tematiske områder der lite eller ingen forskning er gjort (Petticrew & Roberts, 2006, s. 2). Siden andre oversiktsartikler har tydet på at det finnes lite forskning på matematikk i barnehageårene (Fox & Diezmann, 2007) var antakelsen som lå til grunn for dette bidraget at kunnskapsstatusen om utvikling av romforståelsen i barnehagen er mangelfull.

Det er viktig å bemerke at det finnes flere internasjonale oversiktsartikler på forskning på barns utvikling av romforståelse (Bishop, 1980; Clements & Battista, 1992; Sarama & Clements, 2009). Men i reviewene fremgår det ikke klart hvilke av studiene som er gjort i barnehager. Det var derfor nødvendig å gjøre egne søk.

Metode

En hypotese som lå til grunn for planleggingen av de systematiske søkene var at det kunne være utfordrende å finne fram til den relevante forskningen om romforståelse, sammenlignet med en antatt større mengde av undersøkelser i det overordnede temaet "Barns læring av matematikk". Tematiske, innholdsmessige og kontekstuelle avgrensninger i søket ble derfor viktig.

Mål og avgrensninger for søket – hvilke artikler inkluderes?

Søket ble avgrenset til å gjelde fagfelleverderte forskningsartikler, konferansepaper, forskning publisert i bøker og doktorgrader som er publisert i tidsrommet fra januar 1995 til desember 2010. Kun engelskspråklige og skandinaviskspråklige dokumenter ble inkludert. Det endelige søket ble utført i perioden mai til juni 2011, mens det i løpet av 2010 ble gjort en rekke pilotsøk blant annet for å utvikle hensiktsmessige søkebegrep.

De norske databasene Idunn og NORART ble brukt, i tillegg til de nordiske tidsskriftene NOMAD, NORMAT og tidligere barnehageforskningskartlegginger i Skandinavia (Moser & Nordenbo, 2009; Nordenbo & Moser, 2008). Norsk bibliotekbase (BIBSYS), svensk bibliotek (bibliotek.se) og dansk bibliotek (bibliotek.dk) ble også brukt til et fritekstsøk. Selv om en antagelse ble gjort om at forskning på et visst nivå vil være publisert i engelskspråklige tidsskrifter og dermed være en del av søkemengden i de store internasjonale databasene, ble søk også gjort i nordisk forskning for den samme perioden. Det nordiske tidsskriftet NOMAD ble søkt gjennom for hånd og bibliotek.dk ble brukt til å søke gjennom NORMAT. Det relativt nye elektroniske tidsskriftet Nordisk barnehageforskning ble også gjennomgått med tittelscreening.

Barns utvikling av romforståelse 0-6 år er et emne som ligger i snittet mellom matematikk, psykologi, persepsjon og fysiologi, motorikk, arkitektur og pedagogikk. Dette betyr at aktuelle artikler

kan være publisert i mange ulike tidsskrifter. Det ble derfor gjort et bredt utvalg av databaser: ERIC, Academic SP, PROQUEST psychology journals og SpringerLink. I tillegg ble open access-tidsskriftene International Journal for Mathematics Teaching and Learning og Mathematics Education Research Journal sine publikasjoner gjennomgått ved å bruke nettleserens søkefunksjon. Dette siden disse to ikke er tilgjengelige gjennom de store databasene og de har heller ikke noen egen søkefunksjon.

Valg av søkeord/emneord

Hvis man bryter ned problemstillingen, så vil romforståelse (“spatial”), barn 0-6 år (“toddler”, “preschool children”) og barnehage (“kindergarten”, “nursery”, “preschool”) være de kjernebegrepene som jeg søker mer kunnskap om. Ikke hver for seg men i kombinasjon med hverandre. Disse begrepene ble derfor brukt i kombinasjon som emneord i søkene. Søket i Academic var slik: (preschool children OR toddler*) AND spatial AND (kindergart* OR nurser* OR preschool*). I de nordiske tidsskriftene som hadde mulighet til digitalt søk, ble i tillegg søkeord som “rom” og “geometri” brukt, og i dem som ikke hadde dette tilbudet så jeg etter titler med geometriinnhold.

Databasene vil i søket gi deg de artiklene som har søkeordene i tittel, abstract eller i de (av forfatteren) definerte emneordene. I tillegg har de fleste databasene merket artiklene med egne emneord, dette gjelder for ERIC og Academic. En slik thesaurus (emneordsliste) gjør det enklere å avklare søkeord, og dermed å søke med større treffsikkerhet.

En utfordring er at artikler gjerne kan drøfte barns romforståelse uten at dette spesifikt er nevnt i tittel eller abstract. En annen utfordring er at artiklene kan være dårlig merket. Det vil si at høyst relevante emneord som for eksempel “preschool children” ikke er satt på artikkelen selv om den omhandler denne gruppen. Et ekstra søk med færre søkeord (“kindergart*” AND “spatial”) ble derfor nødvendig å gjøre i for eksempel Academic. En tredje utfordring ligger i at en del forskning bare publiseres i bøker, og dermed ikke er registrert i artikkeldatabaser. Bibliotekbasene BIBSYS, bibliotek.dk og bibliotek.se ble derfor brukt for å fange opp aktuelle bøker. Slike utfordringer i søk på barnehageforskning er også beskrevet av Moser og Olsen (2012), og gjør at metoden som er brukt her ikke vil utgi seg for å gi en fullstendig oversikt.

Screening

Med utgangspunkt i 382 treff, ble det i første omgang gjennomført en tittel-screening, der den tematiske relevansen av titlene ble vurdert. Dette ga grunnlag for å avgjøre hvilken kategori artikkelen tilhørte, kategorien Funn eller kategorien Irrelevante studier. Disse kategoriene ble definert slik: Kategori Funn: Forskning på barns utvikling av romforståelse opp til seksårsalderen gjort i barnehagehverdagen. Kategori Irrelevante studier: Forskning på romforståelse som ligger utenfor kategorien Funn.

Publikasjoner som ble tilordnet kategori Irrelevante studier ble ekskludert fra den videre analysen, mens 138 artikler i kategori Funn gikk videre til abstractscreening. Denne screeningen innebar en gjennomlesning av artikkelens abstrakt for å gjøre samme kategoriavklaring. Alle abstracter i kategori Irrelevante studier ble ekskludert, mens 68 artikler i kategorien Funn gikk videre til fulltekstscreening, det vil si at jeg måtte ha tilgang til hele artikkelen¹. Mange artikler er tilgjengelig

¹ Et eksempel på en artikkel som ble ekskludert etter fulltekst-screening er Sekine (2009). Artikkelen tar utgangspunkt i intervjuer med barnehagebarn, men ble ekskludert da den ikke har noe med barnehagehverdagen å gjøre, hverken metodisk eller i analysen. Den valgte kategoriseringen vil på denne måten utelukke en slik artikkel, selv om den har interessante funn om barns utvikling av mentale kart og deres bruk av gester for å kommunisere disse.

digitalt i fulltekst gjennom databasen fordi det lokale biblioteket ditt abonnerer på tidsskriftene, mens andre må bestilles med noen dagers ventetid.

Samlet sett kan screeningprosessen for tidsskrifter, biblioteksdata-baser og forskningskartlegginger visualiseres i denne tabellen:

Del av screening-prosessen	Antall dokumenter inkludert
Søketreff	382
Etter tittel-screening	138
Etter abstract-screening	68
Etter fulltekst-screening	16

Tabell 1. Oversikt over screeningprosessen

Dette reviewet inneholder ingen vitenskapelig kvalitetsvurdering av forskningsdokumentene, noe som er i tråd med tidligere oversiktsartikler på feltet (Fox & Diezmann, 2007). Kvaliteten blir sikret gjennom fagfelle-vurderingen.

Resultat

Som relevante funn ender man opp med 16 dokumenter; 14 artikler, en doktorgrad og en bok. Studiene er gjort i land verden over, og antas på ulike måter å kunne ha betydning for arbeidet med romforståelse i norske barnehager, selv om vi på grunn av forskjeller i barnehagehistorikk og -kultur ikke bør overvurdere studienes overføringsverdi. En stor del av studiene er gjort i amerikanske barnehager, som må kunne sies å ha et større fokus på den tidligere nevnte top-down-tenkning (læreplan-perspektivet) enn den norske barnehagen som i større grad vektlegger barneperspektivet. Denne top-down-tenkningen vil jeg si kommer til uttrykk når Kamii et.al. (2004) beskriver japanske ettåringers manglende interesse for å bygge høyt med klosser på denne måten: "These babies were too egocentric to pay attention to the interviewer and continued to do what they were doing" (Kamii, Miyakawa og Kato, 2004, s. 49). Dette i motsetning til det tydelige bottom-up/barneperspektivet hos for eksempel Björklund (2007), som i sin analyse påpeker at hun ikke vil vektlegge "eventuella brister hos barnet, utan fokuserar på den framväxande förståelse som barnet verkligen har och ger uttryck för" (s. 169).

Studier som ser på romforståelse i barnehagen har mange ulike fokus, og kan klassifiseres på mange ulike måter. Kategoriene som brukes her ble laget av meg ut fra hvilket hovedfokus jeg mener forskningen har. Tittelen på hver kategori bruker også samlebegreper som brukes i den norske rammeplanen og som en barnehagelærer vil kjenne seg igjen i. Kategoriene er Lek og hverdagsaktivitet, Orientering, Barnehagelærerrollen og Materiell og fysisk miljø. I den følgende delen vil jeg gi en kort oversikt over kategoriene og de tilhørende studienes innhold og funn.

	<i>Lek og hverdagsaktivitet</i>	<i>Orientering</i>	<i>Barnehagelærerrollen</i>	<i>Materiell og fysisk miljø</i>
<i>Kort definisjon av inklusjonskriterier</i>	Studier som ser på betydningen av lek og hverdagsaktivitet for barns romforståelse	Studier som ser på arbeid med orientering, for eksempel arbeid med kart	Studier som ser på samspillet betydning og språkets betydning for romforståelsen	Studier som ser på bruk av materiell og fysisk miljø for å utvikle romforståelsen
<i>Antall arbeidere</i>	2	2	2	10
<i>Forfattere</i>	Björklund (2007) Thorpe (1995)	James (2008) Davis og Hyun (2005)	Rudd m.fl. (2008) Leeson (1995)	van den Heuvel-Panhuizen og Boogaard (2008) Miller (2007) Read (2003) Kamii m.fl. (2004) Ness og Farenga (2007) Casey m.fl. (2008) Caldera (1999) Wolfgang m.fl. (2003) van Nes og van Eerde (2010) Piccolo og Test (2010)

Tabell 2. De relevante dokumentene sortert i fire tematiske kategorier

Romforståelse i lek og hverdagsaktivitet

Den eneste representanten for nordisk forskning i dette reviewet er **Björklund** (2007) som i sin doktorgradsavhandling baserer seg på 45 timers videofilming av 23 barn på to ulike småbarnsavdelinger i Finland. Hun har et fenomenografisk utgangspunkt, der variasjonsteori er hennes teoretiske ståsted. Hun observerer og beskriver de yngste barnas møter med matematikk på småbarnsavdelingen og hun utvikler fire kritiske vilkår for de yngste barnas læring av matematikk. Vilkårene er samtidighet, variasjon, rimelighet og holdepunkt. Disse vilkårene får følger for hvordan pedagogen bør jobbe med matematikk. Hovedformålet med studien er å synliggjøre de yngste barnas matematikk i barnehagekonteksten. Slik jeg leser henne har hun valgt å definere tallforståelsen som sentral i barnets matematiske utvikling, og hun trekker ikke frem romforståelse i noen stor grad i doktorgraden. Hun beskriver likevel situasjoner der barn møter posisjoner og plasseringsord (s. 80) og ordning (s. 113). Björklund vektlegger den voksnes rolle i barnas begrepsutvikling, der det er viktig å løfte frem at begrepene er komplekse og relative, og at barna må oppfordres til å ta andre menneskers perspektiv – “att möta andras uppfatningar av samma begrepp” (s. 158) og på den måten utvide begrepsinnholdet. Dette gjelder innenfor alle deler av matematikken, også i forhold til rombegrep. Hun mener at pedagogens arbeid på småbarnsavdeling handler om å gjøre barna bevisst sine erfaringer og utfordre deres tanker om fenomener i verden, og på denne måten støtte deres meningsskapning.

Thorpe (1995) er i likhet med Björklund ute etter å avklare hvilke aspekter av rom som barn gjør erfaring med i lek og hverdagsliv i barnehagen. Hun observerte barna i lek en gang per uke over

åtte måneder, i tre ulike australske barnehager. Hun var spesielt opptatt av forskjeller mellom “mainstream children” og barn med spesielle behov. Bruken av begrepet mainstream blir ikke definert eller drøftet ytterligere. Barnas aktivitet ble logget men også kodet for å brukes i en kvantitativ analyse. Analyse av tallmaterialet kombinert med observasjoner viser at alle barna utforsker romlige begrep i lek. Hun konkluderer med at studien viser støtte til Piagets topological primacy-tese, at barna først utforsker topologiske rombegrep før de går videre til projektive og euklidiske. Hun mener også at barna utvikler begrepene sine ved å interagere med miljøet, som består av lekemateriell, andre barn og voksne.

Romlig orientering – arbeid med kart

De to funnene i denne kategorien er begge fenomenologiske studier med vekt på barns meningsskaping. **James** (2008) bruker sin 4-årige datter som case-studie på barns utvikling av “geographic literacy”, som i dette tilfellet er datterens møte med og utforskning av å lage kart. Familien flytter til et nytt sted i USA, og sammen med førskolelæreren i datterens barnehage prøver forfatteren å hjelpe datteren til å bli trygg og finne mening i de nye omgivelsene ved å gå turer og lage ulike kart. Denne studien har ikke matematikk eller den matematiske forståelsen av romforståelse som utgangspunkt, den kan heller sies å ha et mer generelt pedagogisk ståsted med fokus på barns identitet og barnets sosiale og følelsesmessige utvikling. Men den beskriver en barnehages tilnærming til det jeg vil si er arbeid med barns romforståelse, og den beskriver hvordan dette barnet strever med å orientere seg i et nytt nærmiljø, der orientering knyttes tett opp til meningsskaping (making sense of place). Konkret viser forfatteren for eksempel hvordan datteren får forståelse for at ulike barn tegner ulike kart og at dette har med eierskap og perspektiv å gjøre. James konkluderer med at arbeid med kart bør ha en plass i barnehagens læreplan og kommer med mange tanker om hvordan dette bør gjøres slik at prosessen respekterer barns ideer, erfaringer og stemmer. Dette understøttes av en større studie gjennomført av **Davis og Hyun** (2005). De ønsket å undersøke barns utvikling av romlig representasjon når de i gruppe jobbet med et variert utvalg av materiell for å representere fysisk rom, altså lage ulike typer kart, i både 2D og 3D. De observerte 18 barn i en universitetsbarnehage i Ohio, USA, som skulle delta i et kart-prosjekt over et helt barnehageår. Forskerne deltok som lærere i undervisningen, samtidig som barnehagens lærere og styrer også var medforskere. To ulike rom ble brukt i dette prosjektet. Et vanlig oppholdsrom i barnehagen inneholdt materiell som klosser, maling, leire, papir, tusjer, annet konstruksjonsmateriell og noen pc'er. Et eget rom inneholdt pc'er med state-of-the-art utstyr for film- og bilde-redigering og et stort utvalg av programvare for å jobbe med kart, i tillegg til store bord for gruppearbeid. Barna jobbet flere måneder med å lage ulike kart med klosser og annet materiale på sitt vanlige oppholdsrom, før de fikk tilgang til teknologirommet og kunne lage kart ved bruk av programvaren og det tekniske utstyret som var tilgjengelig. Hovedfunn i denne studien er at barnas tegninger og konstruksjoner ble mer og mer komplekse i forhold til å representere rommets geometri, på den måten at det i slutten av perioden er en større grad av projektive og euklidiske elementer i tegningene enn i starten, da topologiske elementer dominerte. Forskerne mener likevel å se at barna utvikler disse begrepene i en mer kaotisk og parallell prosess. Et annet hovedfunn er at barna i fellesskap utviklet sin evne til å arbeide med tredimensjonale representasjoner; “it was when the children were able to problem solve together and engage in dialogue to help them construct maps that the most advanced expressions of spatial representation were realised” (s. 98). Forskerne mener at pedagogen bidro til denne prosessen ved å tilrettelegge for samarbeid i et rikt miljø med variert materiell, ved å initiere oppmuntrende samtaler og komme med utspill som provoserte frem nye tanker.

Pedagogrollen- romlig språk og samspill

Rudd m.fl. (2008) har forsket på de voksnes språkbruk i seks avdelinger i en universitetsbarnehage i USA. 11 pedagoger ble observert, og språket de brukte i kommunikasjon med barna (0-5 år) ble kodet av observatørene i ulike kategorier. Hovedfunn i studien er at yringer med romlige relasjoner dominerer, dvs. bruk av plasseringsord som over, under, inni. Mer erfaring og utdanning hos pedagogen så ut til å henge sammen med mer bruk av rom- og målingsbegrep enn tallbegrep, mens mindre erfaring ga mer fokus på tallbegrep enn rombegrep. På småbarnsavdeling så de at rom- og målingsbegreper dominerte, mens med de eldre var det mer bruk av tallbegreper. Når det gjelder didaktiske konklusjoner mener forskerne at man trenger økt fokus på bruk av rene matematikkbegreper, og de mener det er grunn til bekymring og behov for etterutdanning siden studien tyder på at barna i disse amerikanske barnehagene ikke får møte begrep som geometrisk form, seriering/ordning, begynnende regning, mønster og grafer i barnehagen, i tillegg til at de ikke så en eneste planlagt aktivitet med matematiske begreper som innhold i løpet av de 44 timene de observerte. Forskerne har en hypotese om at pedagogene ser på frilek som den beste måten å lære på.

Leeson (1995) er også opptatt av pedagogrollen i to studier han gjorde med 33 barnehagebarn i en australsk barnehage. I den første studien ble barna observert da de lekte med Polydron-brikker (kvadrater og trekantene i plast som kan settes sammen til 2D- og 3D-former, a la produktet JOVO), og deretter videointervjuet Leeson hvert barn med ett sett oppgaver i romlig visualisering som skulle løses. Han konkluderer med at barnas tenking blir mer avansert når de må kommunisere med intervjueren, og når de blir utfordret på å argumentere for sine løsninger. Han kommenterer også at mange barnehagebarn klarer å løse oppgavene, og at deres kompetanse kanskje blir undervurdert ved skolestart.

Materialitet – barnehagens materiell og fysiske miljø

Dette er kategorien som samler flest treff. Flere omhandler konstruksjonslek, derfor blir disse omtalt i ett eget underavsnitt.

I barnehagens utvalg av materiell er bøkene en sentral læringsressurs. **Van den Heuvel-Panhuizen og van den Boogaard** (2008) har gjort en kvantitativ studie på barns engasjement i matematikkinnholdet i en prisbelønnet bildebok for barn. Boka var ikke skrevet for å lære barn matematikk, men for å fortelle en historie om venterommet hos en lege der fem ødelagte leker venter på tur. De leste barneboka individuelt for fire 5-åringer i to ulike nederlandske barnehager, og ba barna om å snakke om det som skjedde på bildene. Den voksnes rolle var nedtonet og begrenset seg til å lese teksten i boka. Resultatet av studien er at ca. halvparten av barnas yringer omhandlet matematikk, og hovedvekten av disse var på romlig orientering i forhold til å ta perspektiv og å angi retningsbeskrivelser. Forskerne mener at dette viser at boka gir barna et miljø hvor de aktivt selv kan konstruere rom- og tallforståelse, men at den voksnes minimaliserte rolle gir grunn til debatt rundt behovet for en kompetent andre. De påpeker at bildeboka kan bli sett på som ett kompetent materiale (knowledgeable material). De mener også at funnene kan tyde på at pedagoger ikke bør overdrive det pedagogiske tilsnittet når de leser bøker, og i stedet benytte seg av den styrken som boka har i seg selv, fortellingens styrke.

Også de fysiske omgivelsene inne og ute i barnehagen kan ha påvirkning på barnas romforståelse. **Miller** (2007) har gjort en kvalitativ case-studie av barnehagebarns aktiviteter i en amerikansk barnehage hage og drivhus, som er en del av et utendørs klasserom som de har bygd opp som en modell for forskning og utvikling. 19 pedagoger og 169 barn i en deltok i en tidsperiode over to år. Pedagogene var medforskere og hadde også på forhånd i lengre tid arbeidet med barns romforståelse i konstruksjonslek inne og ute. I hagen arbeidet pedagogene etter en didaktisk modell kalt Look-Move-Build-SketchTM som involverer at barna beskriver muntlig, bruker kroppen,

konstruerer med ulikt materiale og tegner. Barns romlige representasjoner i form av kart og tegninger utviklet seg gjennom hagearbeidet, og ett av hovedfunnene er at barna i arbeid med hage og drivhus blant annet utvikler sin romforståelse. **Read** (2003) er også opptatt av fysiske omgivelser, og har gjort en kvantitativ undersøkelse på interiørfarge i 101 barnehager i Alabama, USA og konkluderer med at de fleste barnehager har hvite og grå farger på vegger, tak, gulv og interiør, noe som hun mener kan gjøre det vanskeligere for barna å orientere seg og finne veien selv.

Undergruppe: Konstruksjonslek

Sju av de 16 dokumentene jeg har funnet tar utgangspunkt i konstruksjonslek² med ulikt materiell; fire av dem med treklosser (Caldera et al., 1999; Casey et al., 2008; Kamii, Miyakawa, & Kato, 2004; Ness & Farenga, 2007), to med Lego/Duplo (van Nes & van Eerde, 2010; Wolfgang, Stannard, & Jones, 2003) og en med materiellet Digi-blocks (Piccolo & Test, 2010).

Kamii m.fl. (2004) ønsket å studere den utviklingsmessige sammenhengen mellom ulike typer matematisk forståelse ved å analysere barns klossebygging. Med bakgrunn i at Piagets forskning ikke vektla barn i alderen 2-4 år, og at det fortsatt fins lite forskning på feltet, valgte de å observere 80 japanske barn i alderen 1-4 år i klosselek. Barna ble etterhvert bedt om å bygge noe høyt med klosser, og intervjueren observerte og analyserte enkeltbarn med fokus på romlige relasjoner, klassifisering, seriering, tallforståelse og rekkefølge- og tidsbegrep. Byggenes kompleksitet øker ikke overraskende med alder og tid brukt på bygginga, og kjønn har ingen påvirkning på resultatet. Forskerne sier ikke mye om hvilke didaktiske rammer de ga for byggesituasjonen, men de diskuterer i stor grad de didaktiske implikasjonene av forskningen. De påpeker at barn trenger tid og tilgang til mye materiell, og at annen type lekemateriell bør tilbys først etter at bygginga er ferdig, for ikke å ta oppmerksomhet bort fra selve konstruksjonen. På et mer overordnet plan mener de at barnehagen bør ha fokus på at barn få løse problemer og forklare fenomener, og på den måten må tenke selv og utvikle mentale relasjoner i tverrfaglige aktiviteter, mer enn at de skal ha undervisning i formelt fagstoff. Innholdet i barnehagens matematikk læreplan bør defineres ut fra logisk-matematisk kunnskap i stedet for å være deler av grunnskolematematikken (som å lære navn på former osv.). Forskerne er altså åpent kritisk til læreplaner som anbefaler egne spesifiserte treningsaktiviteter.

Ness og Farenga (2007) er også opptatt av klosselek, og observerte 90 barn i alderen 4-5 år i fem ulike barnehager i USA. De har gjort en kvantitativ analyse ved å kode barnas lek, i tillegg til en kvalitativ innsamling av case. Alle barnehagene var organisert med eget fysisk område for Lego og andre typer klosser. I analysearbeidet utviklet de sitt eget kodeverktøy SPAGAR (Spatial, Geometric, Architecural Coding System). Barnas klosselek ble kodet i SPAGAR og analysert, i tillegg til case-studier. Et hovedfunn er at barn i størst grad blir engasjert i matematisk og naturvitenskapelig aktivitet hvis miljøet åpner for form- og mønster-aktivitet. 64 % av barna er i løpet av klosseleken opptatt med romlig, geometrisk eller arkitektonisk aktivitet. Kjønn eller sosioøkonomisk klasse har ingenting å si for barnas aktivitet. Ness og Farenga diskuterer grundig implikasjoner for utdanning, og mener at læreplaner for matematikk og naturvitenskap må baseres på barns spontane matematikkunnskap i hverdagskonteksten, og at mer vekt bør legges på rom, geometri og arkitektoniske ideer. Barn har matematikkompetanse tidlig, den brukes og utvikles i frilek og det er enkelt å legge mer til rette for utvikling av romforståelse og geometri. Dette er likevel ingen enkel sak hvis personalet ikke er

² I en forskningsoversikt over klosselek og dens betydning for romforståelse konkluderer de amerikanske forskerne Kersh m.fl. (2008) med at det er viktig for barnehagene å jobbe mer systematisk med klosseleken. Dette reviewet oppgir ikke om den refererte forskningen er gjort i barnehagekonteksten, men en av artiklene som også er del i dette reviewet (Caldera et al., 1999) er med i den nevnte oversikten.

kompetent. De mener at pedagogen må kunne støtte og legge til rette for barnas frilek og ha kunnskap nok til å følge konstruksjonslekens variasjon; som for eksempel lek med matematiske og arkitektoniske utfordringer som plutselig går over til rollelek. De er kritiske til formell undervisning og testing i barnehagen, og har utviklet ett eget observasjonsskjema (basert på begrepet inquiry) som kan brukes til å vise at frileken gir læring.

Casey m.fl. (2008) har gjort en større studie på hvilken betydning intervensjon i klosselek har for romforståelsen. 100 barn fra seks ulike barnehager i USA deltok i studien. Barna ble observert i barnehagens eget område for klosselek. I disse seks barnehagene gjennomførte forskerne tre ulike intervensjoner; to som innebar planlagte konstruksjonsaktiviteter, og en kontroll-intervensjon der barna bare lekte fritt med klossene. I den første intervensjonen jobbet pedagogen med å utvikle barnas byggelek uten annet materiell enn klosser, mens i den andre intervensjonen ble en kjent bildebok brukt for å motivere for konstruksjons-undervisningen. Barnas romlige visualisering (spesielt rotasjon) og deres kompleksitet i klosselek ble målt både før og etter intervensjonene, og resultatene viser at intervensjon med en tilknyttet historie har større læringseffekt enn intervensjon uten en sån kontekst. Jenter og minoritetsbarn fra lav-inntekts-familier hadde også større effekt av historie-konteksten enn guttene.

Caldera m.fl. (1999) ønsket å se på kjønnsforskjeller i visualiseringsevnene da de observerte 51 barnehagebarn i alderen 4-6 år i en amerikansk universitetsbarnehage. De observerte barna individuelt i frilek med klosser, og ved reproduksjon av ett bestemt byggverk. Kjønnsforskjeller fant de ikke, men de fant at barn som ofte lekte med tegning, maling, klipping og klosser hadde bedre visualiseringsevne enn de som gjorde det sjeldnere. Samtidig viser undersøkelsen at selv om gutter ofte valgte lek med Lego og puslespill, så ga dette ingen sammenheng med visualiseringsevnen. Studien tyder på at det er graden av kompleksitet i klosseleken som avgjør visualiseringsevnen. Dette funnet støttes av **Wolfgang m.fl.** (2003) som også er opptatt av kompleksiteten i klosselek, nærmere bestemt med materiellet LEGO. Forskerne spør seg om 3-og 4-åringene som har intensive lekeerfaringer med LEGO og som viser gode ferdigheter i legobygging, vil få bedre ferdigheter i matematikk i skolen? 47 barn ble observert enkeltvis i en amerikansk barnehage når det lekte med LEGO i avdelinga si som en del av en normal barnehagedag. Barna lekte uten samspill med de voksne, sett bort fra at den voksne innledingsvis sier til barnet: Lek med LEGO i dag som best du kan, og bruk så mange klosser som du får til! Funnene viser at for alle ulike kategorier gir kompleks bygging signifikant utslag f.o.m. middelschool (7th grade), både i karakterer, visualiseringstester og i antall matteklasser de tar. Forskerne konkluderer med at det altså betyr mye å ha gode lekerfaringer med LEGO i barneåra. Det er viktig å påpeke at denne forskningen ikke viser at legolek i seg selv gir bedre romforståelse og matematikkforståelse seinere, men at de som er gode i legobygging gjør det bedre. Hvordan barna kan bli gode i klossebygging diskuteres ikke i artikkelen, voksenrollen blir altså ikke vektlagt.

Voksenrollen er derimot veldig tydelig hos **van Nes og van Eerde** (2010), som også har brukt klosser (Duplo) når de i en case-studie med en barnegruppe i en nederlandsk barnehage ser på barns romforståelse i klosselek med spesiell vekt på førskolelærerens rolle som guide/støtte i barnas læringsprosess. Case-studien ser på en timelang seanse der en læringsaktivitet ble gjennomført i en barnegruppe med 23 barn i alderen 4-6 år. Barna blir bedt om å lage hus med klossene, og utfordres på å finne ut hvor mange rom (klosser) de ulike husene har. Noen hus er enkle å telle og andre vanskeligere – og i disse vanskelige tilfellene undersøkte man om barn brukte romlige strukturingsstrategier for å løse oppgaven. Barna ble i tillegg intervjuet før og etter aktiviteten, og deres score på en nasjonal skoletest ble innhentet. Van Nes og van Eerde sine funn peker mot at barnas romlige struktureringsevne har betydning for evnen til å telle, og at barna er på ulike nivåer i denne utviklingen av struktureringsevne. Metodisk har de valgt å fokusere på å lage meningsfulle

lærings situasjoner for barna, basert på Freudenthals ideer om realistisk matematikkundervisning. Lærerrollen får derfor stor plass i denne studien, og de konkluderer med at to kompetanser hos læreren er sentrale for effektiviteten i instruksjonen. Den ene er den voksnes språklige uttrykk og bruk av disse, evnen til å formulere åpne spørsmål og oppfølgingsspørsmål som inkluderer barnas innspill, i tillegg til evnen til å stimulere til samarbeid mellom barna. Den andre kompetansen går på å være i stand til å organisere aktiviteten som en ”bottom-up”-prosess der barnas utforskning og innspill er utgangspunkt for aktiviteten.

Piccolo og Test (2010) har latt 3-og 4-åringer utforske et annet klossemateriell, det pedagogiske materialet Digi-Blocks, som er en systematisk oppbygd samling med klosser i ulike størrelser, der begrepet digi spiller på at ti og ti klosser av mindre type kan puttes inn i en kloss av neste størrelse. Materialet er egentlig utviklet for bruk med eldre barn som skal lære seg titalssystemet. Forskerne samarbeidet med en førskolelærer og en gruppe barn i en amerikansk universitetsbarnehage for å observere hvordan barna i en timeslang frilekseant samspilte med de voksne når et slikt materiell blir brukt. Didaktisk sett oppsummerer forskerne at barnehagelærere enklere kan støtte og videreutvikle barnas matematiske tenkning hvis de blir klar over muligheten til matematikkundervisning i slik lek med konkret materiell. De foreslår ulike typer spørsmål som kan brukes for å sjekke barnas forståelse.

Oppsummert hersker det liten tvil om at studiene som er presentert viser at barn gjør viktige romlige erfaringer i barnehagen (Björklund, 2007; Thorpe, 1995) og at barnehagelærerrollen er viktig for hvilke muligheter barnet har for å utvikle romforståelsen (Leeson, 1995; Rudd et al., 2008). Disse studiene støttes av undersøkelser som har sett på planlagt arbeid med kart i barnehagen, der barna både individuelt og i grupper utvikler sin romforståelse med støtte fra pedagogen (Davis & Hyun, 2005; James, 2008). Barnehagens materiell i form av bøker og konstruksjonsmateriell gir gode muligheter for å stimulere barnas romforståelse (Caldera et al., 1999; Casey et al., 2008; Kamii et al., 2004; Ness & Farenga, 2007; Piccolo & Test, 2010; van den Heuvel-Panhuizen & van den Boogaard, 2008; van Nes & van Eerde, 2010; Wolfgang et al., 2003) og det fysiske miljøet bør sikre muligheter for aktiviteter som kan stimulere romforståelsen som for eksempel hagearbeid (Miller, 2007).

Diskusjon

Hvilken betydning har så disse studiene for arbeidet med romforståelse i norske barnehager, når barnehagen skal jobbe i tråd med rammeplanen? Før jeg diskuterer implikasjonene vil jeg kort si noe om den norske rammeplanens fagområde Antall, rom og form.

Behovet for matematikk som en del av læreplaner i daginstitusjoner er vidt akseptert (Ginsburg, 2008) og fokuset er nå mer på hvordan det skal jobbes med faget. Fox og Diezmann (2007) påpeker at “a major question is not whether to teach mathematics in the years prior to formal schooling but how to do so effectively” (s. 308). Den romlige delen av matematikken finner vi i formuleringene i den norske rammeplanens fagområde Antall, rom og form (Kunnskapsdepartementet, 2006, s. 29)³. Rammeplanen slår her fast at barn tidlig “utforsker rom og form” (Kunnskapsdepartementet, 2006, s. 29) og at barn gjennom “lek, eksperimentering og hverdagsaktiviteter utvikler sin matematiske kompetanse” (Kunnskapsdepartementet, 2006, s. 29), og at barnehagen derfor “har et ansvar for å oppmuntre barns egen utforskning og legge til rette for tidlig

³ Romforståelse reflekteres også i den svenske Läroplan for förskolan (Skolverket, 1998) som slår fast at “Förskolan skal sträva efter att varje barn utvecklar sin förståelse för rum, form, läge och riktning” (s. 10). I den danske Vejledning om dagtilbud, fritidshjem og klubtilbud 2009 (Socialministeriet, 2009) er romforståelse ikke nevnt, annet enn at man kan lese det inn som en del av generell begrepsutvikling og fysisk utforskning av verden.

og god stimulering” (Kunnskapsdepartementet, 2006, s. 29) av matematiske begreper og blant annet romforståelse. Det er tydelig at Freudenthals syn på geometrien ligger mellom linjene i rammeplanformuleringene. Begrepet romforståelse blir ikke brukt, men vi kjenner igjen romforståelsens bestanddeler når rammeplanen sier at barnehagen skal bidra til at barna “erfarer plassering og orientering og på den måten utvikler sine evner til lokalisering” (Kunnskapsdepartementet, 2006, s. 29).

Rammeplanen vektlegger altså tydelig barnehagens ansvar for at barna kan utvikle sin romforståelse gjennom lek, utforsking, samtaler og hverdagsaktiviteter. I disse ulike situasjonene skal barnehagepersonalet være “bevisst egen begrepsbruk” og “være lyttende og oppmerksomme i forhold til den matematikken barnet uttrykker” fortsetter rammeplanen, slik at de voksne kan “støtte barnets matematiske utvikling med utgangspunkt i barnets interesser og uttrykksformer” og “styrke barnas nysgjerrighet, matematikkglede og lyst til å utforske matematiske sammenhenger” (Kunnskapsdepartementet, 2006, s. 29). Oppsummert har rammeplanformuleringene et sterkt fokus på barnehagelærerens og personalets rolle i samspill med barn. Ordvalg som “matematikkglede”, “barns interesser”, “matematikken som barnet uttrykker”, “utforskning” og “nysgjerrighet” kommuniserer et tydelig “bottom-up”-perspektiv med fokus på barns medvirkning i egen læringsprosess.

Min forskningsoversikt viser relativt få studier per tema, studiene har ulike perspektiver innenfor hvert tema og vektlegger også ulike problemstillinger innenfor dette perspektivet. Det er derfor ikke så enkelt å trekke frem likheter og forskjeller ved studienes funn. Med bakgrunn i ovenstående drøfting av hva rammeplanens formuleringer fokuserer på vil jeg videre analysere studienes betydning for samspill og pedagogens rolle i lek, samtale og hverdagsaktivitet og studienes betydning for valg og bruk av materiell.

Samspill og pedagogens rolle i lek, samtale og hverdagsaktivitet er, som diskutert over, sentralt i rammeplanen og i andre nordiske læreplaner for barnehagen. Dette er også i fokus for mange av studiene, men man ser på samspill mellom ulike aktører i barnehagen i de ulike undersøkelsene. Ness og Farenga (2007) vektlegger samspill mellom barna, det samme gjør van Nes og van Eerde (2010). Van Nes og van Eerde knytter samspillet opp mot behovet for å lage en meningsfull situasjon for barna, og er opptatt av en støttende språklig aktiv voksen. Pedagogen gjennomfører planlagte aktiviteter med bottom-up-perspektiv, evaluerer kontinuerlig med fokus på hvorfor/hvorfor ikke aktiviteten fungerer, og gjennomfører deretter på nytt med forbedringer. Hvis disse refleksjonene skal være mulig å gjøre må man jobbe systematisk med faglig fokus over lengre tid. Ness og Farenga (2007) ønsker også en slik kunnskapsrik og bevisst voksen som kan improvisere og veksle mellom å lede vokseninitierte og barneinitierte prosesser, og som dokumenterer både barnas og lærerens arbeid. Andre som er opptatt av den aktive voksne som ivaretar barneperspektivet er studiene til Leeson (1995) og Davis og Huyn (2005), der begge studiene påpeker at barnas tenkning blir mer avansert når pedagogen utfordrer og ber barna om å argumentere for sine løsninger. Kamii m.fl. (2004), James (2008) og Björklund (2007) kan også sies å ønske et bottom-up-perspektiv i aktivitetene, fordi det handler om å ivareta barns meningsskaping. Hvis Freudenthals guide skal være et utgangspunkt, så vil jeg si at alle disse fem studiene belyser en slik voksenrolle, der læreren prøver å finne balansen mellom å undervise og å ivareta barnets egne læreprosesser. Van den Panhuizen og van den Boogaard (2008) trekker i denne sammenhengen opp en meget interessant kritisk diskusjon når de setter spørsmålsteget ved behovet for en aktiv voksen i bruken av bildebøker. De mener at styrken i selve boka basert på bokas litterære kvaliteter skal være den drivende kraften i samspillet med barna. Det kan tolkes som at de mener at en for aktiv og pedagogisk voksen kan ødelegge denne balansen i guidingen som Freudenthal snakker om; at bokas samspill med barnet får mindre plass, og dermed får barnet dårligere mulighet til å tilegne seg de matematiske begrepene som boka presenterer. Dette kan knyttes opp mot Vygotskijs mål-diskusjon, der han mener at lite læring kan skje om den voksne tar

over og definerer sitt eget mål med aktiviteten (Linden, 1997). Barnehagelærerens forhold til frilek blir belyst hos Ness og Farenga (2007) på en grundig måte. De ser på frilek som barnas arbeid, der barna utforsker, demonstrerer og tester grensene for sin egen geometriske forståelse. Forskerne mener dette får konsekvenser for barnehagelæreren, som må ha solide kunnskaper for å kunne dokumentere og evaluere barnas læring i konstruksjonslek, dokumentere sin egen rolle og være i stand til å reflektere over hvilke muligheter barnehagens miljø gir for barnets geometriske læring. De påpeker at dette betyr at kompetent personale i barnehagen er viktigere enn en detaljert læreplan. Også Björklund (2007) og Thorpe (1995) viser at det gjøres mange romlige erfaringer i frileken. Lekens betydning for romforståelse er indirekte belyst og verdsatt i noen av undersøkelsene, som hos Caldera m.fl. (1999), Piccolo og Test (2010) og Kamii m.fl. (2004). Rudd m.fl. (2008) tar inn et kritisk perspektiv på leken i barnehagen, da de i konklusjonen har med en hypotese om at barnehagelærerne har en for stor tro på frileken som læringsarena. Dette kan tolkes to veier; enten at de er skeptiske til at for mye tid i barnehagen settes av til frilek, eller at de mener pedagogene ikke forholder seg bevisst til leken, at for lite tid settes av til planlagt faglig arbeid med utgangspunkt i leken. Vi kan se dette i lys av funnene til en større engelsk barnehagestudie av Siraj-Blatchford og Sylva (2004), som konkluderer med at barns generelle utvikling er avhengig av at barnehagen klarer å balansere mulighetene for lærer-initiert gruppearbeid med mulighetene for lek.

Valg av og bruk av materiell

Siraj-Blatchford og Sylva (2004) er også tydelige på at det man tilbyr av utforskende lekemateriell i barnehagemiljøet bare vil ha læringseffekt hvis materiellet gir barna en kognitiv utfordring innenfor deres proksimale sone, og at barnet ved hjelp av de voksnes demonstrasjoner, modelleringer, forklaringer og oppmuntringer ser at aktiviteten kan gi positive utfall. Man kan si at både Ness og Farenga (2007), Caldera m.fl. (1999), Piccolo og Test (2010), Kamii m.fl. (2004) argumenterer mer eller mindre direkte for en slik tilnærming. Basert på evalueringen av implementering av Rammeplanen for norske barnehager (Østrem et al., 2009) er jeg usikker på hvor tydelig denne bevisste faglige holdningen til lek og lekemateriell er i norske barnehager. Barnehagelærernes fagdidaktiske språk og bevissthet i forhold til lekemateriell var lite synlig da de ble intervjuet om arbeidet med fagområdene. Det er viktig at denne bevisstheten rundt lek og lekemateriell blir økt gjennom både etter- og videreutdanning og utviklingsarbeid i barnehagene – ikke for at leken skal overstyres av de voksne, men for at de voksne skal oppdage geometrien som barna egentlig ønsker å lære og beherske i leken, og hva dette krever av den voksne.

Når vi nå er inne på hvilket materiell som er spesielt viktig for barnehagens arbeid med romforståelse, så peker konstruksjonsmateriellet seg ut. Flere av undersøkelsene fokuserer på at det ikke er selve klosseleken, men graden av kompleksitet i den, som påvirker visualiseringsevnene (Caldera m.fl., 1999; Wolfgang m.fl., 2003; Casey m.fl., 2008) og at den voksnes bevisste holdning til konstruksjonsleken er helt essensiell for at læring skal skje. Tegning, maling og klippeaktivitet viser også sammenheng med visualiseringsevne i en av studiene (Caldera et al., 1999), noe som kan skyldes at økt øye-hånd-koordinasjon og trening på å observere omgivelsene gir bedre grunnlag for å kunne gjengi omgivelsene eller reprodusere ett observerbart design, noe som også trekkes frem i Millers (2007) studie. Tilgang til variert konstruksjonsmaterieell i tillegg til egnet programvare på datamaskiner kan gi gode muligheter for utvikling av orienteringsdelen av romforståelsen (Davis & Hyun, 2005). Dette får betydning for barnehagene, som ikke bare kan nøye seg med å gjøre konstruksjonsmateriellet tilgjengelig for barna, men også må jobbe mot en mer systematisk oppfølging av denne leken for å utvikle barnas bygging og dermed stimulere romforståelsen. Evalueringen av hvordan rammeplanen for barnehagen blir innført, brukt og erfart påpekte at selv om barn sier de bygger mye og byggematerieell er tilgjengelig for barna i barnehagen så er bygginga en del av frileken og det var en

tendens til at jentene valgte bort denne aktiviteten. Konstruksjonslek var heller ikke en del av planlagt arbeid (Østrem et al., 2009, s. 176). Dette kan være et eksempel på det Ginsburg og Ertle (2008) omtaler som barnehagens *hit-or-miss-mathematics*; hvis man baserer seg på hverdagssituasjoner kan det være helt tilfeldig hvilke barn som gjør sentrale matematiske erfaringer i barnehagen. Det er interessant i denne sammenheng at man for eksempel i England har sterkere tradisjoner på å gjøre konstruksjonsmateriell tilgjengelig gjennom organisering av rom og tid enn i de nordiske landene (Nordin-Hultman, 2004).

Siden rammeplanen påpeker at barn skal lese for hver dag, er det interessant at bruk av bøker/fortellinger i kombinasjon med klossene kan også bidra til denne ønskede høyere grad av kompleksitet i klosseleken (Casey et al., 2008). Bøker i seg selv er et materiale som bør utnyttes i større grad for å jobbe med romforståelse og andre matematiske begrep (van den Heuvel-Panhuizen & van den Boogaard, 2008).

Konklusjon

Forskningsoversikten viser en begrenset men viktig mengde forskning på en sentral del av matematikken i barnehagen. Det har gjennom de presenterte studiene blitt løftet frem mange argumenter for at barnehagens fremtidige rammeplaner bør fortsette med å vektlegge bevissthet på materiell, spesielt konstruksjonsmateriell og bøker. Den bør også vektlegge bevissthet rundt det fysiske miljøet og hvordan dette brukes av barna og endres systematisk med faglige hensikter av barnehagelæreren i samspill med barna. Et viktig mål for utviklingen av matematikdidaktikken i barnehagen må være å skape ett miljø der barnet utforsker og blir utfordret av variert materiell, og der barnet leker og samhandler med andre barn og kompetente pedagoger i både uformelle og formelle lærings situasjoner for å stimulere til videreutvikling av romforståelsen. Oversiktens viktigste funn er kanskje at arbeidet ikke avhenger av navnet på konstruksjonsmaterialet, av utvalget av pedagogiske bøker som skal lære barna geometri eller av en mer detaljert læreplan. Det som synes viktigst er barnehagelæreren og de øvrige ansattes bevissthetsnivå på romforståelse, deres kunnskap om barns romforståelse og deres systematiske arbeid med å støtte barna i deres utvikling av denne. Spesielt bør barnehagelærerne være opptatt av å jobbe systematisk med å observere, utvide og utfordre barns romforståelse i leksituasjoner.

Videre forskning i barnehagen bør vektlegge å se på arbeid med romlig visualisering og barns romlige orientering i nærmiljø, i tillegg til studier med fokus på barnehagelæreren bevisste utvikling av inne- og utemiljø for å stimulere barns romforståelse. Som eksempel hadde det vært interessant å se mer på hvordan barnehagelærerne faktisk bruker barnehagens materiell i planlagt versus improvisert arbeid med romforståelse, og mer generelt hva læreren trenger av kunnskap og ferdighetstrening i utdanningen og i yrket for å sikre barna gode utviklingsmuligheter i forhold til romforståelse. Hvordan kan vi for eksempel trene barnehagelærerstudenten på å bli god på å støtte en bygge-situasjon som plutselig får overgang til rollelek? Læringsmuligheter i lek som en del av planlagte aktiviteter og prosjekter er noe jeg vil trekke frem, spesielt det å se nærmere på gevinstene ved å jobbe systematisk over lengre tid. Slik forskning kan gi en større kunnskapsbase for utvikling av metodikk og læreplanutvikling innen temaet romforståelse.

Takk til

Takk til Professor Thomas Moser ved HBV, høyskolelektor Heidi Kristin Olsen ved HiOA og hele prosjektgruppa i prosjektet “Barnehagens rom - materialitet, læring og meningsskaping. Rommets betydning for barnehagens pedagogiske virksomhet” (2009-2013) for motivasjon og veiledning.

Kontakt

Line Ingjerd Rønning Føsker, +47 91 35 28 70, line.i.r.fosker@hbv.no

Referanser

- Aaten, A. B., van den Heuvel-Panhuizen, M., & Elia, I. (2011). *Kindergartners' perspective taking abilities*. Paper presentert på CERME 7, Rzeszow, Polen.
http://www.cerme7.univ.rzeszow.pl/WG/13/CERME7_WG13_Aaten.pdf
- Berthelot, R., & Salin, M. H. (Red.). (1998). *The Role of Pupil's Spatial Knowledge in the Elementary Teaching of Geometry*. Dordrecht, NL: Kluwer Academic Publishers.
- Bishop, A. J. (1980). Spatial abilities and mathematics education - a review. *Educational Studies in Mathematics*, 11, 257-269. <http://dx.doi.org/10.1007/BF00697739>
- Björklund, C. (2007). *Hållpunkter för lärande: småbarns möten med matematik*. Åbo Akademis förlag, Åbo.
- Blomhøj, M., Valero, P., & Häggström, J. (2009). The role of overview papers in mathematics education research. [Editorial]. *Nordic Studies in Mathematics Education - Nordisk Matematikk Didaktikk*, 14(2), 1-3.
- Buys, K., & Heuvel-Panhuizen, M. v. d. (2005). *Young children learn measurement and geometry: a learning-teaching trajectory with intermediate attainment targets for the lower grades in primary school*. Utrecht: Freudenthal Institute, Utrecht University.
- Bøhler, E. (2012). Matematikk - et fag i barnehaglærerutdanningen. I A. M. Otterstad & N. Rossholt (Red.), *Barnehagelærerutdanningens kompleksitet. Bevegelser i faglige perspektiver.*: Universitetsforlaget.
- Caldera, Y. M., Culp, A. M., O'Brien, M., Truglio, R. T., Alvarez, M., & Huston, A. C. (Regissører). (1999). *Children's Play Preferences, Construction Play with Blocks, and Visual-spatial Skills: Are they Related?* [Article], *International Journal of Behavioral Development*: Sage Publications Inc.
- Carlsen, M., Wathne, U., & Blomgren, G. (2012). *Matematikk for barnehagelærere*. Kristiansand: Cappelen Damm Høyskoleforl.
- Casey, B. M., Andrews, N., Schindler, H., Kersh, J. E., Samper, A., & Copley, J. (2008). The Development of Spatial Skills Through Interventions Involving Block Building Activities. [Article]. *Cognition & Instruction*, 26(3), 269-309.
<http://dx.doi.org/10.1080/07370000802177177>
- Clements, D. H., & Battista, M. H. (1992). Geometry and spatial reasoning. I D. A. Grouws (Red.), *Handbook of research on mathematics teaching and learning: a project of the National Council of Teachers of Mathematics* (s. 420-464). Reston, Va.: National Council of Teachers of Mathematics.
- Dahlberg, G., Moss, P., & Pence, A. (2002). *Fra kvalitet til meningsskaping: morgendagens barnehage*. Oslo: Kommuneforl.

- Davis, G. A., & Hyun, E. (2005). A Study of Kindergarten Children's Spatial Representation in a Mapping Project. *Mathematics Education Research Journal*, 17(1), 73-100.
<http://dx.doi.org/10.1007/BF03217410>
- Flottorp, V. (2010). Matematisk meningskaping i barns lek. En case-studie. *Nordisk barnehageforskning*, 3(3).
- Fosse, T., & Munter, J. (1997). Geometri og små barn - hva er det? I M. J. Høines (Red.), *De små teller også: matematikken i førskolepedagogikken* (s. 152 s.). Bergen: Caspar forl.
- Fox, J. L., & Diezmann, C. M. (2007). What counts in research? A Survey of Early Years' Mathematical Research, 2000-2005. *Contemporary Issues in Early Childhood*, 8(4).
<http://dx.doi.org/10.2304/ciec.2007.8.4.301>
- Freudenthal, H. (1973). *Mathematics as an educational task*. Dordrecht: D. Reidel.
http://dx.doi.org/10.1007/978-94-010-2903-2_16
- Freudenthal, H. (1991). *Revisiting mathematics education: China lectures*. Dordrecht: Kluwer.
- Fyhn, A. (2002). Har jenters og gutters fysiske aktivitetsnivå sammenheng med deres romforståelse. *Kvinneforskning 26(2002)nr 1*, S. 112-121.
- Føsker, L. I. R. (2010). På god vei med antall, rom og form? *Tangenten*, 21(2).
- Føsker, L. I. R. (2012). Grip rommet! Barns utvikling av romforståelse og barnehagelærerens systematiske arbeid med det. I T. Fosse (Red.), *Rom for matematikk - i barnehagen* (s. 61-89). [Bergen]: Caspar.
- Ginsburg, H. C. E., Barbrina. (2008). Knowing the mathematics in early childhood mathematics IO. N. Saracho & B. Spodek (Red.), *Contemporary Perspectives on Mathematics in early Childhood Education*. Charlotte, NC: Information Age Publishing Inc.
- Høines, M. J. (1998). *Begynneropplæringen, fagdidaktikk for barnetrinnets matematikkundervisning*. Bergen: Caspar Forlag.
- James, J. (2008). Making Sense of Place: Sarah's Story. *Early Childhood Education Journal*, 35(5), 413-418. <http://dx.doi.org/10.1007/s10643-007-0219-y>
- Justice, L. M., Petscher, Y., Schatschneider, C., & Mashburn, A. (2011). Peer Effects in Preschool Classrooms: Is Children's Language Growth Associated With Their Classmates' Skills? [Article]. *Child Development*, 82(6), 1768-1777. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1467-8624.2011.01665.x>
- Kamii, C., Miyakawa, Y., & Kato, Y. (2004). The Development of Logico-Mathematical Knowledge in a Block-Building Activity at Ages 1-4. *Journal of Research in Childhood Education*, 19(1), 44. <http://dx.doi.org/10.1080/02568540409595053>
- Kersh, J., Casey, B. M., & Young, J. M. (2008). Reseach on spatial skills and block building in girls and boys. The relationship to later learning. I O. N. Saracho & B. Spodek (Red.), *Contemporary Perspectives on Mathematics in Early Childhood Education*: Information Age Publishing Inc.
- Kunnskapsdepartementet. (2006). *Rammeplan for barnehagens innhold og oppgaver*. [Oslo]: Akademika.
- Kunnskapsdepartementet. (2012). *Forskrift om rammeplan for barnehagelærerutdanning* Kunnskapsdepartementet. Hentet fra <https://www.regjeringen.no/nb/dokumenter/rundskriv-f-04-12/id706946/>
- Leeson, N. (1995). *Investigation of Kindergarten Students' Spatial Constructions*. Paper presentert på Eighteenth Annual conference of the Mathematics Education Research Group of Australasia, Darwin.

- Linden, N. (1997). Lek som pedagogisk praksis. Møtested for barns lek og voksnes støtte. I M. J. Høines (Red.), *De små teller også: matematikken i førskolepedagogikken*. Bergen: Caspar forl.
- Mashburn, A. J., Pianta, R. C., Hamre, B. K., Downer, J. T., Barbarin, O. A., Bryant, D., . . . Howes, C. (2008). Measures of Classroom Quality in Prekindergarten and Children's Development of Academic, Language, and Social Skills. [Article]. *Child Development*, 79(3), <http://dx.doi.org/10.1111/j.1467-8624.2008.01154.x>
- Miller, D. L. (2007). The Seeds of Learning: Young Children Develop Important Skills through Their Gardening Activities at a Midwestern Early Education Program. *Applied Environmental Education and Communication*, 6(1), 49-66. <http://dx.doi.org/10.1080/15330150701318828>
- Mlodinow, L. (2001). *Euclid's window: the story of geometry from parallel lines to hyperspace*. New York: Free Press.
- Moser, T., & Nordenbo, S. E. (2009). *Forskningskortlægning og forskervurdering af skandinaviskforskning i året 2007 i institutioner for de 0-6 årige*: Danmarks Pædagogiske Universitetsforlag.
- Moser, T., & Olsen, H. K. (2012). Barnehagens fysiske miljø i nyere faglitteratur: et systematisk litteratursøk for tidsrommet 2000-2010 *Rom for barnehage: flerfaglige perspektiver på barnehagens fysiske miljø* (s. S. 287-304). Bergen: Fagbokforl.
- Ness, D., & Farenga, S. J. (2007). *Knowledge under construction: the importance of play in developing children's spatial and geometric thinking*. Lanham, Md.: Rowman & Littlefield.
- Newcombe, N. S., & Huttenlocher, J. (2003). *Making space: the development of spatial representation and reasoning*. Cambridge, Mass.: MIT press.
- Nordenbo, S. E., & Moser, T. (2008). *Forskningskortlægning og forskervurdering af skandinaviskforskning i året 2006 i institutioner for de 0-6 årige (førskolen)*. København: Danmarks Pædagogiske Universitetsforlag.
- Nordin-Hultman, E. (2004). *Pedagogiske miljøer og barns subjektskaping*. Oslo: Pedagogisk forum.
- Petticrew, M., & Roberts, H. (2006). *Systematic reviews in the social sciences: a practical guide*. Malden, Mass.: Blackwell Publishing. <http://dx.doi.org/10.1002/9780470754887>
- Piaget, J., & Inhelder, B. (1956). *The child's conception of space*. London: Routledge & Kegan Paul.
- Piccolo, D. I., & Test, J. (2010). Preschoolers' thinking during block play. *Teaching Children Mathematics*(Dec 2010/Jan 2011).
- Read, M. A. (2003). Use of Color in Child Care Environments: Application of Color for Wayfinding and Space Definition in Alabama Child Care Environments. *Early Childhood Education Journal*, 30(4), 233-239. <http://dx.doi.org/10.1023/A:1023387607942>
- Rudd, L., Lambert, M., Satterwhite, M., & Zaier, A. (2008). Mathematical Language in Early Childhood Settings: What Really Counts? [Article]. *Early Childhood Education Journal*, 36, 75-80. <http://dx.doi.org/10.1007/s10643-008-0246-3>
- Sarama, J. A., & Clements, D. H. (2009). *Early childhood mathematics education research: learning trajectories for young children*. New York: Routledge.
- Sekine, K. (2009). Changes in Frame of Reference Use across the Preschool Years: A Longitudinal Study of the Gestures and Speech Produced during Route Descriptions. *Language and Cognitive Processes*, 24, 218-238. <http://dx.doi.org/10.1080/01690960801941327>
- Sigurjónsson, T. (2007). *Barns kartlesing: et samspill mellom kartleser, kart og terreng*. Norges idrettshøgskole, Oslo.
- Siraj-Blatchford, I., & Sylva, K. (2004). Researching pedagogy in English pre-schools. [Article]. *British Educational Research Journal*, 30(5), 713-730. <http://dx.doi.org/10.1080/0141192042000234665>

- Skolverket. (1998). *Läroplan för förskolan Lpfö 98 (Reviderad 2010)*: Skolverket.
- Socialministeriet, I.-o. (2009). *Vejledning om dagtilbud, fritidshjem og klubtilbud 2009*.
- Solem, I. H., & Reikerås, E. K. L. (2008). *Det matematiske barnet*. [Landås]: Caspar forl.
- Sæbbe, P.-E. (2010). *Klatrerom. En studie av førskolebarns romforståelse i en klatrekontekst*. . Universitetet i Stavanger, Stavanger.
- Tartre, L. A. (1990). Spatial Skills, Gender and Mathematics. I E. Fennema & G. C. Leder (Red.), *Mathematics and Gender* (s. 27-59). New York: Teachers College, Columbia University.
- Thorpe, T. (1995). *How Young Children Learn Spatial Concepts*. Paper presentert på Eighteenth Annual conference of the Mathematics Education Research Group of Australasia, Darwin.
- van den Heuvel-Panhuizen, M., & van den Boogaard, S. (2008). Picture Books as an Impetus for Kindergartners' Mathematical Thinking. [Article]. *Mathematical Thinking & Learning*, 10(4), 341-373. <http://dx.doi.org/10.1080/10986060802425539>
- van Nes, F., & van Eerde, D. (2010). Spatial structuring and the development of number sense: A case study of young children working with blocks. [Article]. *Journal of Mathematical Behavior*, 29(3), 145-159. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jmathb.2010.08.001>
- Wolfgang, C. H., Stannard, L. L., & Jones, I. (2003). Advanced Constructional Play with LEGOs among Preschoolers as a Predictor of Later School Achievement in Mathematics. *Early Child Development and Care*, 173(5), 467-475. <http://dx.doi.org/10.1080/0300443032000088212>
- Örnkloo, H. (2007). *Fitting Objects Into Holes. On the Development of Spatial Cognition Skills*. Uppsala University, Uppsala.
- Østrem, S., Bjar, H., Føsker, L. I. R., Hogsnes, H. D., Jansen, T. T., Nordtømme, S., & Tholin, K. R. (2009). *Alle teller mer: en evaluering av hvordan Rammeplan for barnehagens innhold og oppgaver blir innført, brukt og erfart*. Tønsberg: Høgskolen i Vestfold.