



Optimalisatie van kruikgebruik bij pasgeborenen

Veiligheid en efficiëntie in het gebruik van de kruik om de temperatuurhuishouding van ongecompliceerde pasgeborenen te ondersteunen in het ziekenhuis en de thuissituatie

**UNIVERSITY
OF TWENTE.**

Fenna M.H. van Gulick	s2277220
Amber M.M. Lange	s2513307
Madelon M.H. van Wegberg	s2514729

TGO groep 15

26 juni 2023

Begeleiders:
Drs. M. Gorissen
Drs. K. Kamphorst
Prof. dr. ir. R.M. Verdaasdonk

Faculteit Technische Natuurwetenschappen
Technische Geneeskunde
Universiteit Twente

Voorwoord

Dit wetenschappelijk verslag is onderdeel van de Technisch Geneeskundige Opdracht, waarmee wij hopen onze driejarige bachelor Technisch Geneeskunde succesvol af te ronden. In tien weken, van april 2023 tot juli 2023, hebben wij onderzoek gedaan naar het gebruik van kruiken om pasgeborenen op temperatuur te houden in het ziekenhuis en in de thuissituatie. Het Deventer Ziekenhuis (DZ) heeft ons opdracht gegeven om in dit zeer belangrijke, maar tot nu toe weinig onderzochte, onderwerp te duiken. Gedurende deze opdracht hebben we veel geleerd van de vrijheid die de opdracht kende om het naar onze eigen hand en interesses te zetten. Daarnaast hebben we veel plezier gehad met het inzetten van zowel onze medische als technische kennis om een stap te zetten in de richting van een oplossing van zo een groot, tastbaar en relevant probleem in de klinische zorg. Wij hopen dat dit onderzoek enkele eerste vragen beantwoordt binnen dit kader, maar daarbij ook veel nieuwe vragen opwekt waar in de toekomst aan verder gewerkt kan worden.

Allereerst willen we Susan de Visser bedanken voor haar inzet tijdens de eerste weken van dit project. We wensen jou heel veel geluk en succes met de afronding van je bachelor! Verder willen we onze technisch begeleider, Ruud Verdaasdonk, bedanken voor de kritische blik en creatieve ideeën. Daarnaast willen we graag onze klinische begeleiders Monique Gorissen en Kim Kamphorst bedanken voor het in eerste instantie bekendmaken van dit probleem en in tweede instantie voor jullie enthousiaste begeleiding. De relevantie rondom deze probleemstelling hebben jullie goed op ons over weten te brengen, waardoor wij altijd vol goede moed aan de slag gingen. Niet alleen dank voor de begeleiding, maar ook het fijne welkom in het DZ. Daarvoor bedanken wij ook de kraamafdeling en de neonatologie van het DZ en Anne-Marlijn, voor de hulp en gastvrijheid.

Tot slot willen wij elkaar bedanken voor deze leerzame en leuke tien weken samenwerking!

Wij wensen u veel leesplezier toe!

Amber, Fenna en Madelon
26 juni 2023

Abstract

Pasgeboren baby's hebben in de eerste weken na de geboorte moeite met op temperatuur blijven en kunnen daardoor onderkoeld raken. Hypothermie kan voor een pasgeborene nadelige gevolgen hebben. Daarom worden zij op temperatuur gebracht en gehouden met kruiken. Voor het gebruik van deze kruiken bestaan verschillende protocollen, waaronder het 'kruik bij kind in bed' beleid en het 'kind erin, kruik eruit' beleid. Echter, kan dit gebruik tot brandwonden leiden. Het doel van dit onderzoek is om de effectiviteit en veiligheid van het gebruik van de kruik in kaart te brengen en te verbeteren. Om het probleem volledig in kaart te brengen is vooronderzoek gedaan. Aan de hand daarvan is de volgende onderzoeksvraag opgesteld: "Hoe kun je het huidige gebruik van een kruik bij ongecompliceerde pasgeborenen in bed in het ziekenhuis en in de thuissituatie veiliger maken om hun kerntemperatuur te ondersteunen?"

Om tot een antwoord op deze onderzoeksvraag te komen zijn metingen uitgevoerd om de effectiviteit en veiligheid van het huidige gebruik van de kruik te testen. Daarna zijn experimentele metingen uitgevoerd om tot een voorstel te komen voor een nieuwe, veilige en efficiënte manier voor het gebruik van de kruik.

Uit dit onderzoek blijkt dat het 'kruik bij kind in bed' beleid als effectief kan worden gezien. Daarentegen is de veiligheid van deze methode in twijfel te trekken. Het 'kind erin, kruik eruit' beleid is bewezen noch veilig, noch effectief te zijn. Het kan zelfs tot instabiliteit van de kerntemperatuur leiden, wat ongewenst is. Uit de experimentele metingen blijkt dat de kruik met een hoes van 16 mm PVC schuim met gaten tegen het kind aan in bed kan worden gelegd. Onder deze omstandigheden zal de huid van een pasgeborene niet verbranden, maar zal de kerntemperatuur wel stijgen. Deze conclusies vormen de basis voor verder onderzoek dat in dient te gaan op de ontwikkeling van deze hoes.

Inhoudsopgave

1	Introductie	5
1.1	Vooronderzoek	5
1.1.1	Huidig gebruik in ziekenhuis	5
1.1.2	Huidig gebruik in thuissituatie	6
1.1.3	Tekortkomingen in het gebruik	6
1.2	Probleemstelling	7
1.3	Onderzoeksvragen	7
1.4	Onderzoeksvoorstel	7
2	Achtergrondinformatie	8
2.1	Temperatuurhuishouding pasgeborenen	8
2.1.1	Kerntemperatuur	8
2.1.2	Huidtemperatuur	9
2.1.3	Vertaalslag naar probleemstelling	10
2.2	Thermodynamica	10
2.2.1	Soorten warmteoverdracht baby	10
2.2.2	Soorten warmteoverdracht kruik	11
2.2.3	Calorimetrie	11
2.2.4	Thermische materiaaleigenschappen	12
2.3	Ontwikkeling modelbaby	12
3	Methoden	13
3.1	Meetmethoden	13
3.1.1	Referentiemetingen	13
3.1.2	'Kruik bij kind in bed' methode	15
3.1.3	'Kind erin, kruik eruit' methode	16
3.1.4	Experimentele methode	17
3.2	Dataverwerking	20
4	Resultaten	21
4.1	Referentiemetingen	21
4.2	'Kind bij kruik in bed' methode	21
4.3	'Kind erin, kruik eruit' methode	23
4.4	Experimentele methode	24
4.5	Efficiëntie van de verschillende methoden	26
5	Discussie	27
5.1	Inleiding probleemstelling	27
5.2	Bespreking resultaten	27
5.2.1	'Kruik bij kind in bed' methode	27
5.2.2	'Kind erin, kruik eruit' methode	28
5.2.3	Experimentele methode	28
5.2.4	Vergelijking methoden	30
5.3	Limitaties	31
5.3.1	Metingen	31
5.3.2	Kruik	31
5.3.3	Modelbaby	32

5.4	Klinische context	33
5.5	Aanbevelingen	33
6	Conclusie	35
	Bibliografie	36
	Bijlagen	39
	Bijlage 1: Interview kraamverpleegkundige Deventer ziekenhuis (04-05-2023)	39
	Bijlage 2: Interview met verpleegkundige neonatologie in het Deventer ziekenhuis (04-05-2023)	42
	Bijlage 3: Interview met verpleegkundige in het MST op de moeder kind afdeling (26-05-2023)	44
	Bijlage 4: Interview met commercieel directeur bij Dörr Kampen, fabrikant van de kruikenmoeder (10-05-2023)	46
	Bijlage 5: Interview met ouder over kruikgebruik in de thuissituatie (09-06-2023)	49
	Bijlage 6: Interview met praktijkbegeleider van Naviva kraamzorg (05-06-2023)	51
	Bijlage 7: Tabel verbranding huid	53
	Bijlage 8: Thermische materiaaleigenschappen	54
	Bijlage 9: Meetprotocollen	55
	Bijlage 10: Overige resultaten	60

1 Introductie

Baby's hebben in de eerste dagen na de geboorte moeite met zichzelf op temperatuur houden [1]. Daarom wordt op dit moment in het ziekenhuis en door ouders thuis gebruikgemaakt van kruiken. Het probleem hiervan is dat er een risico is voor het optreden van brandwonden bij pasgeborenen [2]. Om het probleem in kaart te brengen en een beeld te krijgen van de huidige situatie zijn interviews uitgevoerd met partijen die betrokken zijn bij het gebruik van kruiken. Dit vooronderzoek heeft plaatsgevonden op basis van de volgende deelvraag: "Hoe wordt er op dit moment in de kliniek en in de thuissituatie gebruik gemaakt van de kruik bij ongecompliceerde pasgeborenen in bed?"

1.1 Vooronderzoek

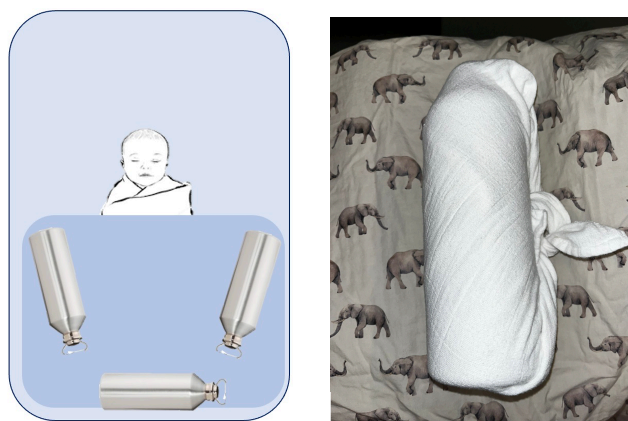
1.1.1 Huidig gebruik in ziekenhuis

In het ziekenhuis worden op dit moment verschillende methoden gebruikt om pasgeborenen warm te houden. Uit interviews met verpleegkundigen van de kraam- en neonatologie afdeling van het Deventer Ziekenhuis (DZ) en de moeder-kind afdeling van Medisch Spectrum Twente (MST) blijkt dat de meest gebruikte manier om een pasgeborene op te warmen de kruik is [bijlagen 1,2 en 3]. De kruiken die in het ziekenhuis gebruikt worden zijn gevuld met een natriumacetaatoplossing en kunnen niet geopend worden [3]. De kruiken warmen op tot $\pm 70^{\circ}\text{C}$ met behulp van een kruikenmoeder, een kast waar de kruiken door contactwarmte van buitenaf opwarmen, zie figuur 1.1 [bijlage 4].

Na de geboorte wordt er minstens één kruik standaard bij de baby in bed gelegd. De kruik wordt omwikkeld met een hydrofiele doek en in het bed op de deken gelegd. De knoop van de hydrofiele doek ligt richting de baby met de dop naar beneden gericht, waarover dan nog een deken ligt, zoals te zien in figuur 1.2 [bijlage 1]. Afhankelijk van meerdere factoren, zoals het gewicht van de baby, de kleding die het kind draagt en de gemeten lichaamstemperatuur, maakt de verpleegkundige op ervaring een afweging. Hier wordt de keus gemaakt voor het gebruik van één, twee of drie kruiken. Tijdens het voeden van het kind, wat om de drie uur plaatsvindt, is ook een moment om de kruiken te vervangen [bijlage 1]. Dit zorgt ervoor dat het kind altijd terug wordt gelegd in een zo warm mogelijk bed. In de eerste 24 uur wordt de temperatuur van de baby elke drie uur rectaal gemeten, daarna wordt het twee keer per dag gedaan. Als de temperatuur 37.3°C of hoger is en stabiel blijft, wordt de kruik uit bed gehaald [bijlage 1]. Mocht het gebruik van kruiken niet tot gewenst resultaat leiden, heeft de neonatologie afdeling geavanceerde manieren om baby's warm te krijgen, zoals een warmtelamp, warmtebed of couveuse [bijlage 2].



Figuur 1.1: Kruikenmoeder van fabrikant Dörr Kampen [3].



Figuur 1.2: Weergave van hoe de kruiken bij de baby in bed gelegd kunnen worden en hoe de hydrofiele doek om de kruik heen gewikkeld wordt.

1.1.2 Huidig gebruik in thuissituatie

In de thuissituatie is de manier van de metalen kruiken in bed leggen vergelijkbaar met het ziekenhuis. In de thuissituatie wordt echter gebruik gemaakt van kruiken die gevuld worden met kokend water [4]. Vervolgens worden ze op dezelfde manier in een doek gewikkeld en met de knoop naar de baby toe in bed gelegd. Omdat gebruik wordt gemaakt van heetwaterkruiken, is het risico op lekkage aanwezig. Daarom is het extra belangrijk om de kruik met de dop naar beneden bij het kind in bed te leggen [bijlagen 5 en 6].

Een praktijkbegeleidster bij Naviva kraamzorg geeft aan dat zij ouders thuis vooral adviseren om de metalen kruiken te gebruiken [bijlage 6]. De kraamverzorgsters geven uitleg over het gebruik hiervan. Deze uitleg volgt de richtlijnen van het Kenniscentrum Kraamzorg (KCKZ) [4]. Desondanks zijn kraamverzorgsters in de thuissituatie gevallen van brandwonden tegengekomen. De redenen hiervan zijn volgens de praktijkbegeleidster vooral kruiken die te dicht bij het kind geplaatst worden en lekkende kruiken [bijlage 6].

1.1.3 Tekortkomingen in het gebruik

Twee verpleegkundigen op de kraamafdeling van het DZ zijn geïnterviewd en uit de antwoorden blijkt dat er gelijkenissen zijn, maar ook verschillen in het gebruik van de kruiken [bijlagen 1 en 3]. Zo zijn er duidelijke verschillen in waar de kruik geplaatst wordt. Zo plaatst de ene verpleegkundige de eerste kruik horizontaal bij de voetjes met de knoop omhoog, terwijl de andere verpleegkundige de eerste kruik verticaal naast de baby legt met de knoop naar de baby toe. Naast de variatie die opgemerkt is rondom de manier van de kruik plaatsen in het bed, zijn er meerdere parameters die door subjectiviteit variëren. Een voorbeeld hiervan is de warmte van de kruik die afhankelijk is van hoelang deze in de kruikenmoeder heeft gelegen. Op basis van hoe warm de verpleegkundige de kruik vindt, legt ze deze dichterbij of verderweg van de baby. Daarbij varieert het ook per verpleegkundige bij welke temperatuur van de baby welke hoeveelheid kruiken in het bed liggen [bijlage 1].

Meer verschillen zijn te benoemen wanneer de werkwijze van twee ziekenhuizen met elkaar vergeleken wordt. Een verschil dat opvalt is de vorm waarin de kruiken in het bed worden gelegd. Waar ze in het DZ twee kruiken in een L-vorm bij de baby leggen, doen ze dit in het MST in een V-vorm. Verder worden in het MST kruikenzakken gebruikt, terwijl ze in het DZ hydrofiele doeken gebruiken [bijlagen 1 en 3]. In het MST maken ze gebruik van de kruikenmoeders van dezelfde fabrikant als in het DZ, maar op de kruikenmoeders van het MST staat een temperatuurdisplay [bijlage 3]. Hiermee is zichtbaar hoe warm de kruikenmoeder is en daarmee ook hoe warm de kruiken zijn als ze volledig zijn opgewarmd. Om te bepalen of de kruik volledig opgewarmd is, zit op de bovenkant van de kruik een sticker. Als de kruik warm is, licht het woord 'warm' felrood op [bijlage 4]. Echter, in beide ziekenhuizen zijn deze stickers op alle kruiken vervaagd [bijlagen 1 en 3].

De kruiken die in het ziekenhuis worden gebruikt zijn afkomstig van de fabrikant Dörr Kampen. De commercieel directeur bij Dörr Kampen vertelt in een interview dat hij bekend is met voorvallen van brandwonden [bijlage 4]. Het bedrijf heeft het beleid veranderd naar het 'kind erin, kruik eruit' beleid om niet aansprakelijk te zijn voor brandwondgevallen. Dit beleid is niet gebaseerd op enig onderzoek, maar wordt, zoals uit voorgaande interviews blijkt, ook niet in de praktijk toegepast. Het zou namelijk naar inzicht van de verpleegkundigen niet werken [bijlagen 1 en 4].

1.2 Probleemstelling

Op basis van dit vooronderzoek is te concluderen dat het gebruik van de kruiken varieert. Ondanks de bestaande protocollen, is het gebruik tussen ziekenhuizen, maar ook tussen verpleegkundigen in één ziekenhuis en ouders thuis, anders. Deze variatie kan leiden tot verschil in effectiviteit en veiligheid van het kruikgebruik. Daarnaast blijkt het beleid dat de fabrikant aanraadt niet gebaseerd te zijn op onderzoek, waardoor het onzeker is of de baby op deze wijze voldoende op temperatuur gehouden wordt. Het is daarom van belang om onderzoek te doen naar de effectiviteit en veiligheid van zowel het 'kruik bij kind in bed' beleid, als het 'kind erin, kruik eruit' beleid. Op basis van gevonden uitkomsten kan gericht gezocht worden naar een innovatie om het kruikgebruik te verbeteren.

1.3 Onderzoeksvragen

In het kader van deze probleemstelling is de volgende hoofdonderzoeksvraag opgesteld:

"Hoe kun je het huidige gebruik van een kruik bij ongecompliceerde pasgeborenen in bed in het ziekenhuis en in de thuissituatie veiliger maken om hun kerntemperatuur te ondersteunen?"

Om tot een antwoord te komen op deze hoofdonderzoeksvraag zijn de volgende deelvragen opgesteld:

- Wat is de fysiologische achtergrond van de temperatuurhuishouding en het ontstaan van brandwonden op de huid van een ongecompliceerde pasgeborene?
- Wat is de invloed van het 'kind bij kruik in bed' beleid van de kruik en het 'kind erin, kruik eruit' beleid op het verloop van de huid- en kerntemperatuur van een ongecompliceerde pasgeborene?
- Aan welke eisen moet een innovatie van het gebruik van de kruik voldoen zodat de kerntemperatuur van een pasgeborene op peil wordt gebracht en/of gehouden, zonder dat er brandwonden kunnen ontstaan?

1.4 Onderzoeksvoorstel

Om tot een antwoord te komen op de hoofdonderzoeksvraag en de daaronder vallende deelvragen, is het volgende onderzoeksvoorstel opgesteld;

Er wordt gestart met literatuuronderzoek waarin de fysiologie en pathofysiologie bij thermoregulatie van een pasgeborene onderzocht worden. Op welke manier er schade door warmte aan de huid ontstaat wordt ook onderzocht. Verder is er onderzoek nodig naar de thermodynamica rondom het gebruik van een kruik en het afkoelen en opwarmen van de pasgeborene. Hierbij spelen verschillende vormen van warmteoverdracht een belangrijke rol.

Om tot een aanbeveling te komen voor het veilig gebruik van de kruik, is het nodig om metingen uit te voeren. Hierbij is belangrijk eerst de huidige situatie in kaart te brengen, om het effect van de hete kruik op het opwarmen van de baby te analyseren. Daarnaast helpen deze metingen om eventuele tekortkomingen bij het huidige gebruik van de kruiken op te merken. De effectiviteit en veiligheid van deze methoden worden onderzocht en er wordt gekeken naar een verbetering voor dit huidige gebruik. Door experimentele metingen en de analyse daarvan zijn eisen op te stellen waaraan een nieuwe innovatie zou moeten voldoen. Hieruit volgt een aanbeveling in de vorm van een hoes om de kruik heen. Dit zal opgenomen worden in vervolgonderzoek binnen dit kader. Bij deze metingen zal een twee liter fles water als modelbaby dienen voor de pasgeborene.

2 Achtergrondinformatie

2.1 Temperatuurhuishouding pasgeborenen

2.1.1 Kerntemperatuur

Bij ongecompliceerde pasgeborenen is het thermoregulatieprobleem niet het gevolg van onderontwikkeling van de temperatuurhuishouding, maar hun kleine lichaamsvolume in verhouding tot huidoppervlak [5]. Daarnaast is de huid van een pasgeborene erg dun, waardoor de doorlaatbaarheid van warmte hoger is en warmte sneller verloren gaat naar de omgeving [6]. Als laatste zorgen verminderde hoeveelheden onderhuids vet en een zwakke vasomotorische controle ervoor dat er minder warmte opgeslagen wordt en er veel warmte wordt afgegeven aan de omgeving [5].

Een bijkomend nadeel in de thermoregulatie van pasgeborenen is dat de stimulatie van hun skeletspieren door kou minimaal is. Pasgeborenen zullen niet gaan rillen bij kou [7]. In plaats daarvan passen ze zich aan door de basale stofwisseling te verhogen. Een baby heeft gemiddeld een stofwisseling van 10 W, terwijl dit bij een volwassene ongeveer 100 W is [5]. In verhouding met het gemiddelde gewicht van een pasgeborene ten opzichte van een volwassene is de stofwisseling van een baby ongeveer twee keer zo hoog. Hierdoor verbruikt de baby meer zuurstof [8]. Daarnaast passen ze *non-shivering thermogenesis* (NST) toe, wat voor thermogenese zorgt door bruin vetweefsel te lipolyseren [9]. De stofwisseling is hoger bij een baby, maar de maximale stofwisselingsnelheid wordt al bij een temperatuur bereikt die volwassene nog als comfortabel ervaren. Daardoor hebben pasgeborenen al sneller geen compensatiemechanismen meer [5]. Verder kan een baby zichzelf maar voor een beperkte tijd opwarmen met behulp van thermogenese door bruin vetweefsel. Als de baby ouder wordt zal de niet-rillende thermogenese afnemen en plaatsmaken voor de rillende thermogenese [10].

Een pasgeborene zet bovengenoemde mechanismen in met als doel zijn kerntemperatuur binnen een ideale range te houden. De axillaire temperatuur van een pasgeborene moet tussen de 36.4°C en 37.4°C liggen [11, 12]. Als de temperatuur onder de 36.5°C komt te liggen, is er sprake van een hypothermie [9]. In de literatuur wordt nog onderscheid gemaakt tussen een milde (36-36.5°C), matige (32-36°C) en een ernstige (<32°C) hypothermie [9].

Onbedoeld warmteverlies is een risicofactor voor pasgeborenen. Een baby zal zijn basale stofwisseling verhogen om zichzelf warm te houden. Pasgeborenen lopen daardoor een risico op hypoglykemie door het verhoogde glucoseverbruik dat nodig is voor de warmteproductie [8]. Hierbij zal de pasgeborene meer zuurstof verbruiken, waardoor deze in ernstige gevallen van hypothermie het risico loopt op hypoxie, cardiorespiratoire complicaties en acidose [11].

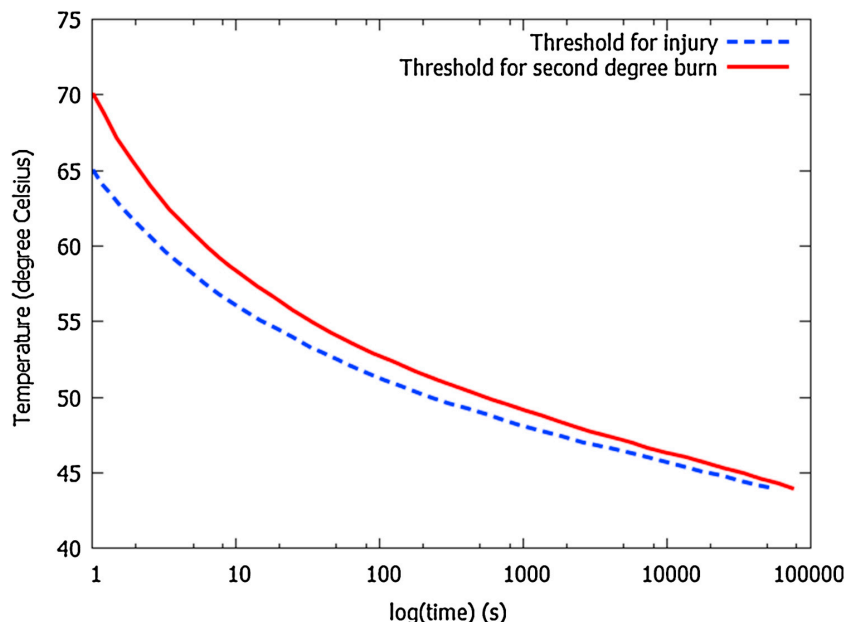
Ondanks het verhoogde metabolisme kan het zijn dat de baby zichzelf niet op temperatuur kan houden. Als een baby een sterk verlaagde lichaamstemperatuur en problemen met warm worden heeft, kan dit wijzen op een infectie [13]. Bij pasgeborenen is koorts (>38°C) of ondertemperatuur (<36°C), die niet door de omgevingsfactoren kunnen worden verklaard, een klinisch symptoom dat kan wijzen op neonatale infectie [14]. Als deze klinische indicator zich voordoet, moet er overwogen worden om laboratoriumonderzoek te verrichten. Aangezien infectie de voornaamste oorzaak is van mortaliteit en morbiditeit bij pasgeborenen, is vroegtijdige detectie en snelle behandeling van vitaal belang [15]. Echter, het is niet gewenst telkens bloed te prikken wanneer de temperatuur onder de 36 of boven de 38°C komt, als de reden hiervan eigenlijk te wijten is aan het kruikgebruik. Daarnaast is het niet gewenst om onnodig, vooral breedspectrum, antibiotica toe te dienen. Dit kan op de korte en lange termijn negatieve gevolgen hebben, zoals toename van antibiotica resistentie [15]. Om deze redenen is temperatuurinstabiliteit bij een pasgeborene niet gewenst.

Een te lage lichaamstemperatuur bij een pasgeborene kan verschillende aandoeningen als gevolg hebben. Zo is een te lage lichaamstemperatuur bij pasgeborenen een risicofactor voor acute nierfalen [16]. Verder wordt de groei beïnvloed door een toenemende metabole acidose en kunnen er longproblemen ontstaan. Ook kan er een overschot aan bilirubine vrijkomen, waardoor er een risico is op kernicterus. Hierbij kunnen de hersenen beschadigd raken. Bij kernicterus zal de huid van de baby een gele kleur krijgen en dit is dus een factor die goed in de gaten moet worden gehouden [17, 18]. Er moet verder rekening gehouden worden met het feit dat de gemeten temperatuur bij de baby niets zegt over of de baby thermische stress ondervindt. Om dit te monitoren zouden andere tekenen van stress, zoals verhoogde zuurstofbehoefte of veranderingen in de hartslag meegenomen moeten worden [19].

Voor zowel de verhoogde lichaamstemperatuur als de te lage lichaamstemperatuur van een baby speelt de omgevingstemperatuur een belangrijke rol. Door Ringer et al. is de neutrale omgevingstemperatuur onderzocht waarin een baby moet liggen om de vraag naar metabole activiteit voor de baby zo laag mogelijk te houden. Komt de temperatuur hierboven, dan moet de baby zijn metabolisme inzetten om af te koelen. Komt de temperatuur hieronder, dan moet de baby zijn metabolisme inzetten om het weer warm te krijgen [19].

2.1.2 Huidtemperatuur

Een risico voor de baby bij het gebruik van kruiken is het oplopen van brandwonden. De ernst van een brandwond is te relateren aan de temperatuur van de bron en de duur van blootstelling [20]. Onder de 43°C is blootstelling te allen tijden veilig. Volgens Möhrenschrager et al. ontstaat er schade aan een volwassen huid bij minimaal zes uur lange blootstelling aan water van 44°C [2, 21]. Echter, het verband is sterk exponentieel, dus bij 55°C zorgt een halve minuut blootstelling al voor huidschade. Dit verband tussen de temperatuur en de tijd van de blootstelling is te vinden in figuur 2.1 en 6.9 in bijlage 7. Dit figuur toont, op basis van experimenteel onderzoek, aan dat er een klassieke inverse relatie bestaat tussen temperatuur en tijd die nodig is om specifieke mate van verbranding te veroorzaken.



Figuur 2.1: Tijd-temperatuur grens voor thermisch letsel en tweedegraads brandwond [20].

Er zijn verschillen tussen de huid van een pasgeborene en een volwassene. De huid van een pasgeborene is dunner, heeft een grotere oppervlakte-inhoud ratio, verdampt meer vloeistof en de cutane circulatie is lager. Deze factoren zorgen ervoor dat brandwonden bij pasgeborenen ernstiger zijn dan

bij volwassenen bij dezelfde hoeveelheid hitte [22–24]. Daarnaast zullen brandwonden sneller optreden bij pasgeborenen, omdat het zenuwstelsel verschilt. Zo is de sensoriek van de huid minder dan bij een volwassene, waardoor de pijn prikkel minder aanwezig is [24]. Ook zijn de reflexen nog niet volledig ontwikkeld in de eerste weken, waardoor een baby niet een arm of been weg zal trekken als het te warm wordt [25, 26].

2.1.3 Vertaalslag naar probleemstelling

In subsectie 2.1.1 en 2.1.2 is de kern- en huidtemperatuur van een pasgeborene besproken. Om een pasgeborene op een veilige en efficiënte manier op te warmen is het van belang mee te nemen wat de ideale kern- en huidtemperatuur zijn. Hiervoor zijn een aantal grenswaarden opgesteld. Deze grenswaarden kunnen vergeleken worden met de gevonden resultaten uit de metingen. Op basis van deze vergelijking kan gezegd worden of de gemeten situatie overeenkomt met de situatie die gewenst is voor het opwarmen van de pasgeborene.

Hierbij is de huidtemperatuur van de pasgeborene voor de veiligheid van het opwarmen met behulp van de kruik de belangrijkste meetwaarde. Het ontstaan van brandwonden is gebaseerd op de temperatuur en de tijdsduur van de blootstelling aan deze temperatuur. Met behulp van figuur 2.1 en tabel 6.9 in bijlage 7 zijn de volgende grenswaarde opgesteld:

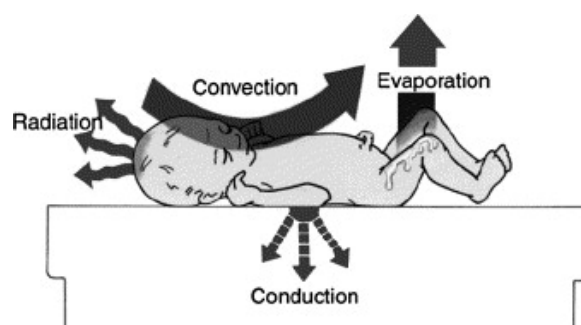
- 43-45 °C → maximale blootstelling van 3 uur
- 45-47 °C → maximale blootstelling van 0.5 uur
- 47+ °C → geen blootstelling.

De kerntemperatuur van de baby moet tussen de 36.4°C en 37.4°C liggen, zoals benoemd is in hoofdstuk 2.1.1. Gedurende de opwarming van het kind is het gewenst om een stabiel verband te zien. Het schommelen tussen grote temperatuurverschillen is voor een pasgeboren baby niet gewenst. Daarom is een langzaam opwarmend verband gewenster dan een snelle hoge piek waarna het kind snel weer afkoelt. Daarnaast is het gewenst dat de pasgeborene deze stabiele kerntemperatuur voor een langere periode behoudt.

2.2 Thermodynamica

2.2.1 Soorten warmteoverdracht baby

Een pasgeboren baby verliest zijn warmte op vier manieren, zie figuur 2.2. Radiatie beschrijft warmteverlies van een warm object door warmte straling [6]. ± 60% van het warmteverlies van het lichaam gebeurt via radiatie [27]. Warmteverlies aan een koudere omgeving heet convectie [9]. Convectie is verantwoordelijk voor ± 15% van het warmteverlies [27]. Bij evaporatie is er sprake van warmteverlies door verdamping van water van de huid of bij de ademhaling [9]. Warmteverlies komt voor ± 20% door evaporatie [27]. Tot slot houdt conductie warmteverlies in door direct contact van de baby met een kouder object [9]. Slechts ± 3% van warmteverlies komt door conductie [27].



Figuur 2.2: Een baby verliest warmte op vier manieren [9].

2.2.2 Soorten warmteoverdracht kruik

De kruik ligt bij de pasgeborene in bed om deze van warmte te voorzien. Deze warmteoverdracht vindt op verschillende manieren plaats: radiatie, conductie en convectie.

De kruik zal het bed en de dekens verwarmen, die ook weer in contact staan met de baby, waardoor conductie een rol speelt in het opwarmen van de baby. Als de kruik tegen de baby aanligt, zal conductie het grootste aandeel hebben in warmteoverdracht. Bij conductie vindt de overdracht van warmte plaats door direct contact van deeltjes. De trillende atomen van de objecten geven de kinetische energie door. Wanneer de kruik tegen de baby aanligt, vindt er conductie plaats volgens de volgende formule 2.1 [28].

$$\dot{Q} = -kA \frac{\Delta T}{\Delta x} \quad (2.1)$$

Hierbij is \dot{Q} de hitteflow over de tijd (W), k is de thermische geleidbaarheid ($W/m \cdot K$), A de oppervlakte waarover de conductie plaatsvindt (m^2), T is de temperatuur (K) en x de afstand (m) [28].

Bij radiatie vindt warmteoverdracht plaats zonder een medium, dit gebeurt door elektromagnetische straling volgens formule 2.2 [28].

$$\dot{Q} = -\sigma \epsilon AT^4 \quad (2.2)$$

Hierbij is σ de Stefan-Boltzman constante, $5.67 \cdot 10^{-8} \frac{W}{m^2} K^4$. ϵ is de emissiviteit (W/m), een eigenschap van het oppervlak van het stralende materiaal. ϵ ligt tussen de 0 en 1 [28]. Doordat de Stefan-Boltzman constante erg klein is, is het aandeel van radiatie in de warmteoverdracht meetbaar kleiner dan die van conductie.

Convectie vindt plaats door de verplaatsing van een groot aantal moleculen over een grote afstand. Dit is afhankelijk van veel factoren, bijvoorbeeld natuurlijke of geforceerde convectie en de soort flow [28]. Hierdoor is convectie moeilijk weer te geven in één formule. Onder de deken is er een minimale luchtstroom, waardoor convectie weinig tot geen invloed zal hebben.

2.2.3 Calorimetrie

Hoeveel warmte er nodig is om een object op te warmen, of hoeveel energie een object verliest bij het afkoelen over een bepaald temperatuurverschil, is weer te geven in formule 2.3 [28].

$$Q = mc\Delta T \quad (2.3)$$

Hierbij is Q de hoeveelheid warmte die wordt overgedragen (J), m de massa (kg), c de soortelijke warmte ($J/kg \cdot K$) en ΔT de temperatuursverandering (K). De hoeveelheid warmte die nodig is om 1 kg water $1^\circ C$ op te warmen is gelijk aan 1 $kcal$ [28]. 1 $kcal$ is gelijk aan 4.187 kJ , wat overeen komt met 4187 J [28].

Formule 2.4 beschrijft de energiebehoefte van een baby per dag [29–31]. Ongecompliceerde pasgeborenen wegen bij de geboorte gemiddeld 3.6 kg [32]. Voor een baby van 3.6 kg betekent dit dat de baby een energiebehoefte heeft van 333.8 $kcal/dag$ wat gelijk staat aan 1398 kJ/dag .

$$P = 200m^{0.4} \quad (2.4)$$

2.2.4 Thermische materiaaleigenschappen

Thermische materiaaleigenschappen spelen een grote rol bij de warmteoverdracht van een kruik naar een pasgeborene. Twee eigenschappen die relevant zijn om te benoemen zijn soortelijke warmte en thermische geleidbaarheid. Thermische geleidbaarheid ($W/(m \cdot K)$) is de snelheid waarmee warmte door een materiaal of weefsel gaat [28]. Aluminium, het materiaal waar de heetwaterkruik van gemaakt is, heeft bijvoorbeeld een thermische geleidbaarheid van $200 W/(m \cdot K)$ en water, de vloeistof in die kruik, een thermische geleidbaarheid van $0.6 W/(m \cdot K)$, zie tabel 6.1 in bijlage 8. Soortelijk warmte ($J/(kg \cdot K)$) is de hoeveelheid energie die nodig is om een materiaal één graad op te warmen. De soortelijke warmte van water is $4.187 J/(kg \cdot K)$, wat relatief hoog is als je het vergelijkt met bijvoorbeeld aluminium, wat $0.88 J/(kg \cdot K)$ is, zie tabel 6.1 in bijlage 8. Om water met dezelfde hoeveelheid op te warmen als aluminium is meer energie nodig.

Wanneer enkel aluminium tussen het kokend water in de kruik en de baby zou zitten, zou deze warmte vrijwel direct doorgegeven worden aan de baby, omdat de thermische geleidbaarheid van aluminium hoog is. Als het water in de kruik afkoelt, zal het aluminium ook snel afkoelen. Een ideaal materiaal zou een lagere thermische geleidbaarheid moeten hebben en een hoge soortelijke warmte. Dit zorgt ervoor dat de kruik over langere tijd, stabielere warmte-energie kan afgeven. Siliconen en PVC schuim hebben een thermische geleidbaarheid rond de $0.2 W/(m \cdot K)$ en een soortelijke warmte rond de $1.5 kJ/(kg \cdot K)$, zie tabel 6.1 in bijlage 8. Deze materialen zouden dus op een nader te bepalen dikte in aanmerking komen voor de genoemde eisen.

2.3 Ontwikkeling modelbaby

Omdat het in dit onderzoek niet mogelijk is om metingen uit te voeren op een ongecompliceerde pasgeborene, moet er gebruik worden gemaakt van een modelbaby. De modelbaby moet dezelfde of een vergelijkbare soortelijke warmte en thermische geleidbaarheid hebben als een baby. Het lichaam van een baby bestaat voor 74% uit water [33]. Hierdoor is een baby te benaderen door water, omdat de thermische eigenschappen vergelijkbaar zullen zijn. De thermische geleidbaarheid van water is $0.6089 W/(m \cdot K)$ en de soortelijke warmte is $4187 J/(kg \cdot K)$ [34].

Om de grootte van de modelbaby vergelijkbaar te laten zijn met een pasgeborene valt dit te benaderen door een polyethyleentereftalaat (PET) fles van twee liter. Bluhm et al heeft eveneens in hun onderzoek naar het warmhouden van prematuren gebruik gemaakt van een fles water van twee liter [35].

De thermische geleidbaarheid van de huid is $0.19 W/(m \cdot K)$ en de soortelijke warmte is $3.11 J/(kg \cdot K)$ [36]. De thermische geleidbaarheid van PET is $0.33 W/(m \cdot K)$ en de soortelijke warmte is $1250 J/kg \cdot K$ [37, 38]. De thermische geleidbaarheid van PET is hoger dan die van de huid en de soortelijk warmte is veel hoger. Er is dus meer energie nodig om het PET één Kelvin te kunnen opwarmen, maar de warmte wordt makkelijker geleid door het PET dan door de huid.

De modelbaby zal net als de pasgeborene warmte verliezen zonder externe warmtebron erbij. Gebaseerd op de thermische eigenschappen lijkt een fles gevuld met water met hetzelfde gewicht als een pasgeborene een aannemelijke modelbaby, afgezien van de verschillen tussen PET en de humane huid. Met het aannemen van deze modelbaby als een benadering voor een pasgeborene, wordt ook aangenomen dat de temperatuur van het water in de fles een benadering is voor de kerntemperatuur van een pasgeborene en de temperatuur gemeten op de buitenkant van de PET-fles een benadering is voor de huidtemperatuur van een pasgeborene.

3 Methoden

3.1 Meetmethoden

De metingen die uitgevoerd zijn om de huidige situatie in kaart te brengen en een innovatie voor de kruik te testen zijn hieronder beschreven in het meetprotocol. Tijdens deze metingen is er gebruik gemaakt van de volgende materialen;

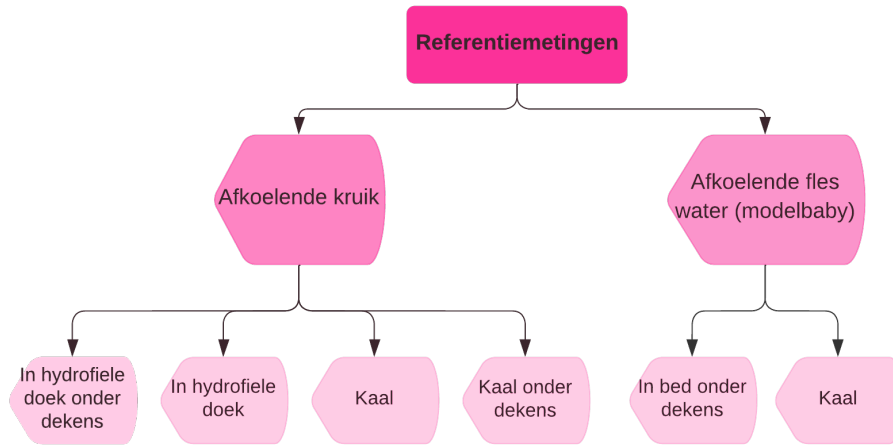
- Babybed met dekens
- Twee heetwaterkruiken van aluminium
- Twee hydrofiele doeken
- Waterkoker
- PET-fles van twee liter gevuld met water (modelbaby)
- Twee thermokoppels
- Thermocamera op een statief
- Ipad met app *Flir One Plus*
- Tape

Gedurende deze metingen is gebruik gemaakt van verschillende meetopstellingen, afhankelijk van de situatie die onderzocht is en variabelen die gemeten zijn. In alle opstellingen is gebruik gemaakt van een babybed met dekentjes zoals deze ook in het ziekenhuis bij de pasgeborene worden opgemaakt. Daarnaast is een heetwaterkruik van aluminium gebruikt die telkens is gevuld met kokend water. Om de temperatuur van zowel de kruik, als de modelbaby te meten is gebruik gemaakt van thermokoppels. Deze zijn om de twee dagen, voorafgaand aan de metingen, gekalibreerd in kokend water. De thermocamera is gebruikt om een visualisatie te krijgen van de warmteverdeling in de opstelling en om te kijken of er *hot spots* gemist zijn. Alle metingen zijn twee keer uitgevoerd. De gebruikte meetprotocollen van alle metingen zijn volledig uitgewerkt in bijlage 9.

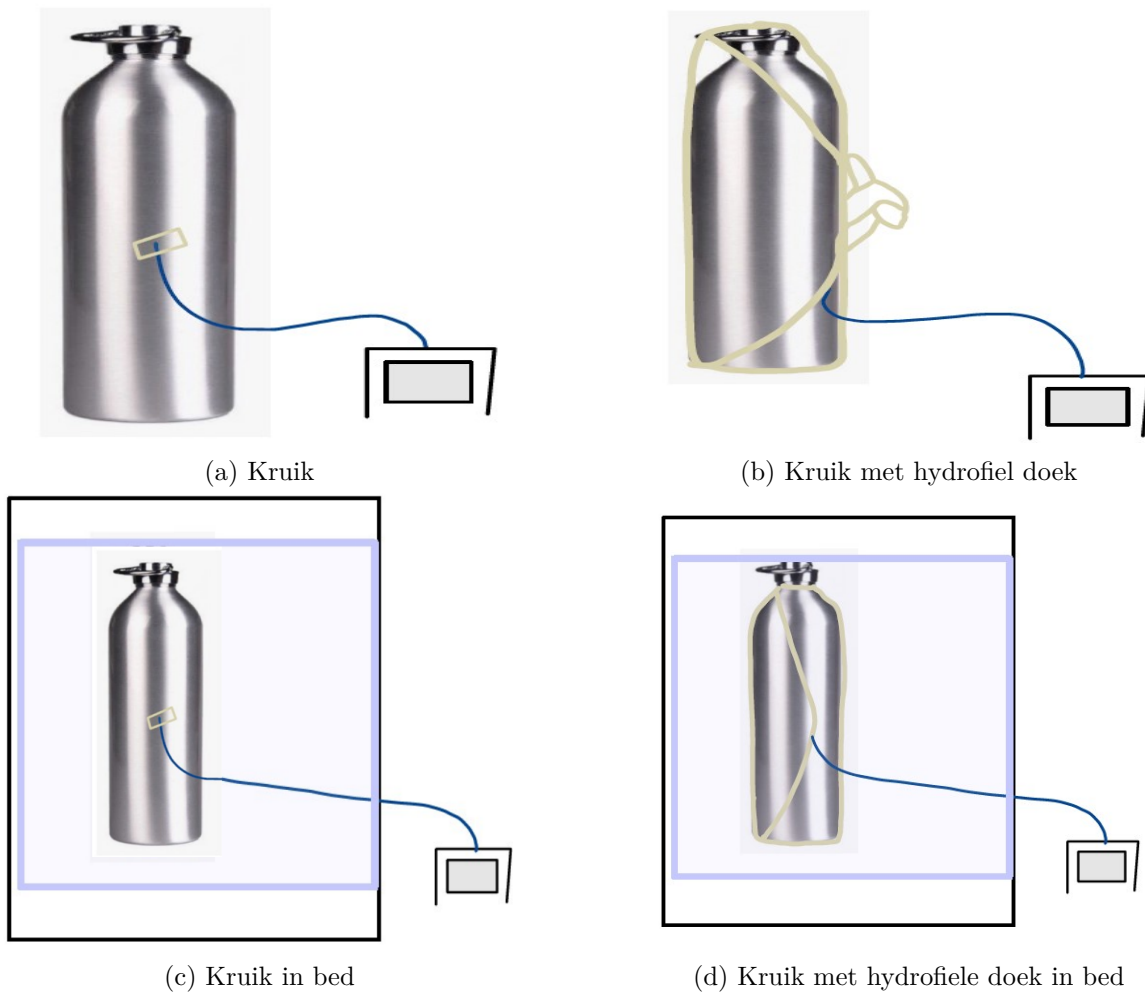
3.1.1 Referentiemetingen

Voordat er begonnen werd aan de metingen om de huidige situatie of een eventuele innovatie in kaart te brengen zijn er een aantal referentiemetingen uitgevoerd. Deze metingen waren nodig om het verloop van de temperatuur van zowel de kruik als de modelbaby in kaart te brengen. De referentiemetingen zijn gebruikt als baseline en vormen goed vergelijkingsmateriaal wanneer er externe factoren worden toegevoegd. De uitgevoerde metingen zijn schematisch weergegeven in figuur 3.1.

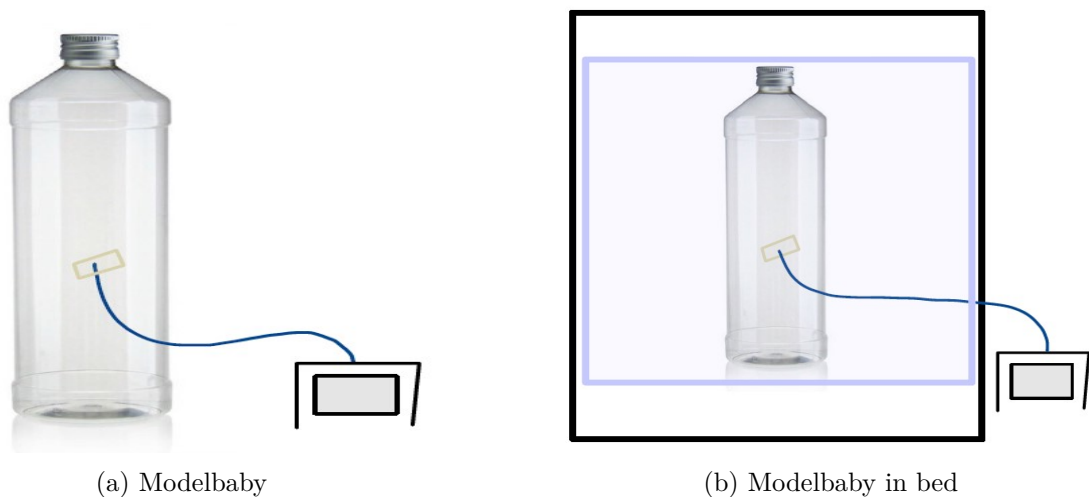
De meetopstellingen van de metingen met de afkoelende kruik en de afkoelende modelbaby zijn weergegeven in figuren 3.2 en 3.3. De kruik is steeds met water van 100°C gevuld en de modelbaby met water van 36.5°C. Vervolgens is voor 90 minuten lang elke minuut de temperatuur van de buitenkant van de kruik en de buiten- en binnenkant van de fles gemeten met behulp van thermokoppels.



Figuur 3.1: Referentiemetingen



Figuur 3.2: Referentiemetingen kruik: Het thermokoppel is weergegeven met een blauwe lijn en een display. De deken in het bed is in het paars weergegeven en het bed zelf in het zwart.



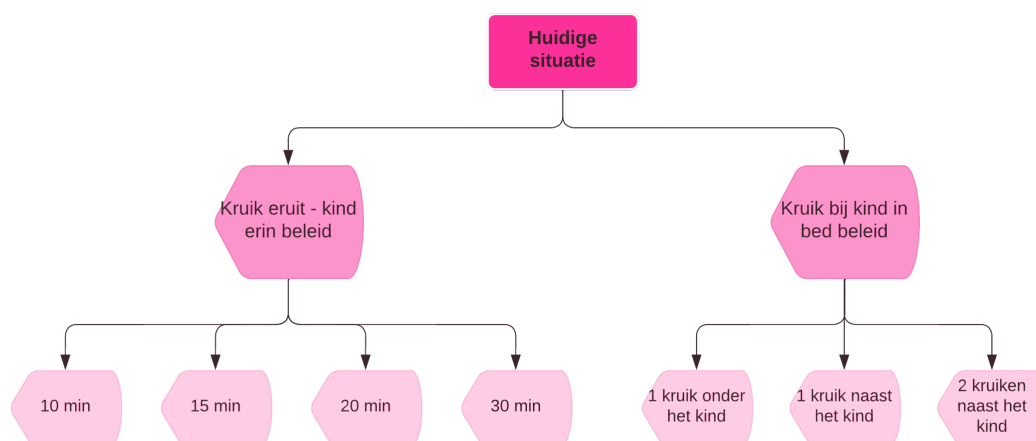
(a) Modelbaby

(b) Modelbaby in bed

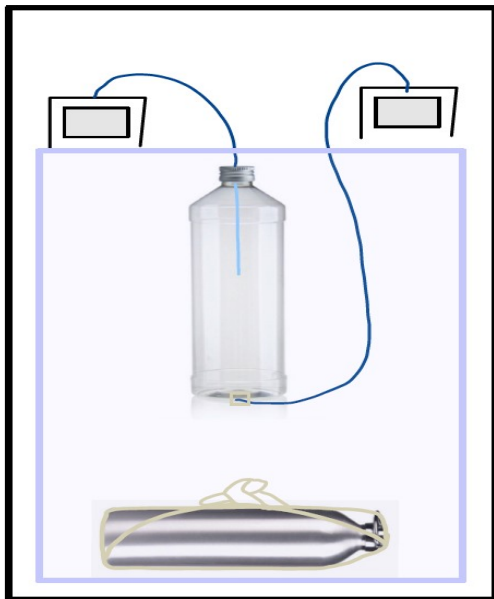
Figuur 3.3: Referentiemetingen modelbaby: Het thermokoppel is weergegeven met een blauwe lijn en een display. De deken in het bed is in het paars weergegeven en het bed zelf in het zwart.

3.1.2 'Kruik bij kind in bed' methode

Zoals benoemd in vooronderzoek, is er ondanks het protocol voor de 'kruik bij kind in bed' methode veel variatie in het gebruik van de kruik. Voor de metingen van dit gebruik is een benadering genomen die zo veel mogelijk lijkt op het huidige gebruik, zoals die in de interviews in het vooronderzoek naar voren kwam. Om van deze methode de efficiëntie en veiligheid te meten zijn er drie verschillende situaties gemeten, zie figuur 3.4. De kruik is steeds gevuld met water van 100°C en vervolgens in een hydrofiele doek gewikkeld. Daarna werd(en) de kruik(en) in bed geplaatst met de modelbaby met de knoop van de doek naar de modelbaby gericht, zie figuur 3.5c. De modelbaby werd steeds gevuld met water van 36.5°C. Deze metingen zijn voor 180 minuten uitgevoerd, waarbij iedere minuut de temperatuur gemeten is.



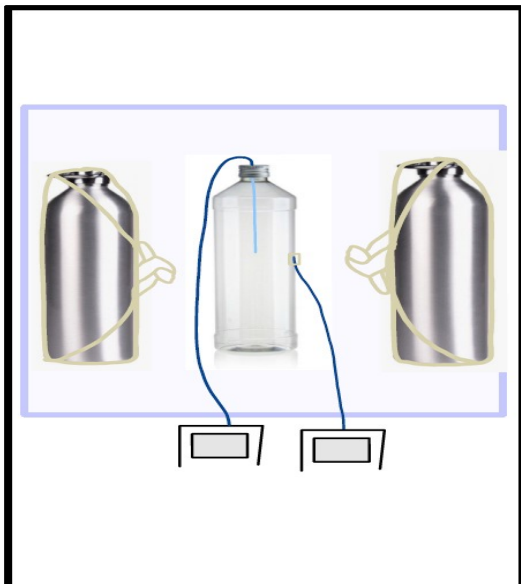
Figuur 3.4: Huidige situatie metingen



(a) Eén kruik bij de voeten



(b) Eén kruik naast de pasgeborene



(c) Twee kruiken naast de pasgeborene

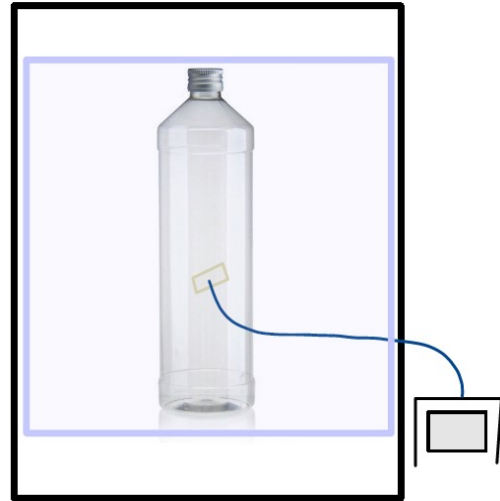
Figuur 3.5: Huidig gebruik van de kruik bij de pasgeborene in bed: Het thermokoppel is weergegeven met een blauwe lijn en een display. De deken in het bed is in het paars weergegeven en het bed zelf in het zwart.

3.1.3 'Kind erin, kruik eruit' methode

Daarnaast is ook het beleid wat op dit moment door de fabrikant van de kruiken wordt aanbevolen geanalyseerd op efficiëntie en veiligheid. De metingen die bij het 'kind erin, kruik eruit' beleid zijn uitgevoerd zijn ook in figuur 3.4 beschreven. In deze situatie wordt de kale kruik gevuld met water van 100 °C en in het bed gelegd. Na een bepaalde tijd werd de kruik uit het bed gehaald en de modelbaby, gevuld met water van 36.5°C, in bed gelegd op de plek waar de kale kruik heeft gelegen, zie figuur 3.6. Bij deze meting is vervolgens voor 90 minuten lang iedere minuut de kern- en huidtemperatuur gemeten met behulp van thermokoppels.



(a) Stap 1: bed voorverwarmen met een kale kruik

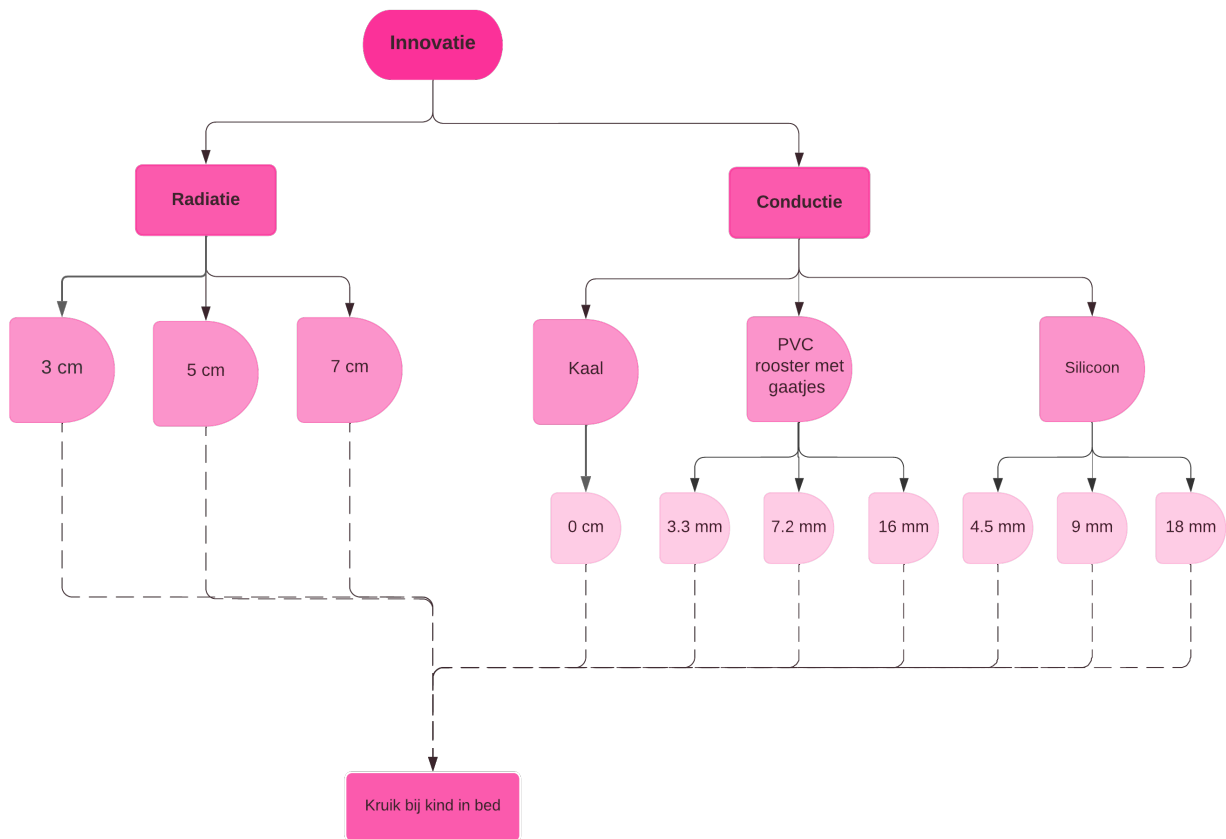


(b) Stap 2: modelbaby in bed zonder de kruik

Figuur 3.6: 'Kind erin, kruik eruit' beleid: Het thermokoppel is weergegeven met een blauwe lijn en een display. De deken in het bed is in het paars weergegeven en het bed zelf in het zwart.

3.1.4 Experimentele methode

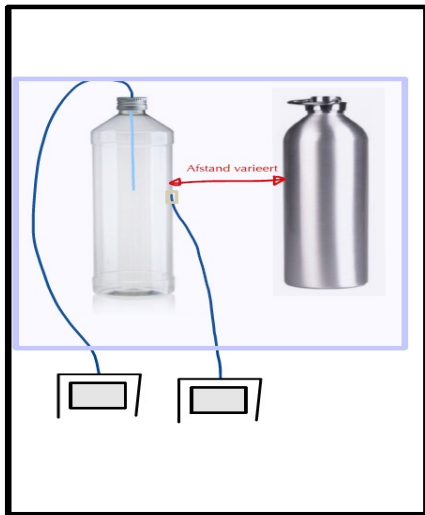
Zoals eerder benoemd is er een innovatie gezocht die dicht bij de huidige workflow ligt om de implementatie zo makkelijk mogelijk te maken. Hierbij is de energie die de kruik overdraagt aan de modelbaby een belangrijk onderdeel. De twee voornaamste manieren waarop deze energie wordt overgedragen zijn radiatie en conductie. Om hier met een innovatie op een juiste manier op in te spelen is de energieoverdracht door middel van radiatie en conductie onderzocht. Hiervoor zijn de volgende metingen, zoals gevisualiseerd in figuur 3.7, uitgevoerd.



Figuur 3.7: Metingen voor innovatie

De energieoverdracht door radiatie is gemeten door de kale kruik op verschillende afstanden van de modelbaby in bed te leggen en daar het effect van te meten, zie figuur 3.8. Bij deze metingen werd de kruik gevuld met water van 100°C en de modelbaby met water van 36.5°C . Vervolgens is de kale kruik samen met de modelbaby in bed, onder dekens, gelegd met een genoemde afstand ertussen. Daarna is iedere minuut voor 90 minuten lang de kern- en huidtemperatuur gemeten met behulp van thermokoppels.

Voor de energieoverdracht door conductie was het belangrijk om te meten hoe dit verschilt bij gebruik van verschillende materialen die als hoes kunnen dienen. Het aandeel van conductie op de warmte-afgifte van de kruik is gemeten zonder invloed van een extra materiaal en onder invloed van siliconen en van PVC schuim, zoals weergegeven in figuur 3.8. Het materiaal is met de juiste dikte, door middel van meerdere lagen, met elastieken aangebracht rondom de kruik. Vervolgens werd de kruik gevuld met water van 100°C . De temperatuur van de buitenkant van het materiaal is met behulp van een thermokoppel voor 45 minuten lang gemeten of korter als de maximale huidtemperatuur overschreven werd.



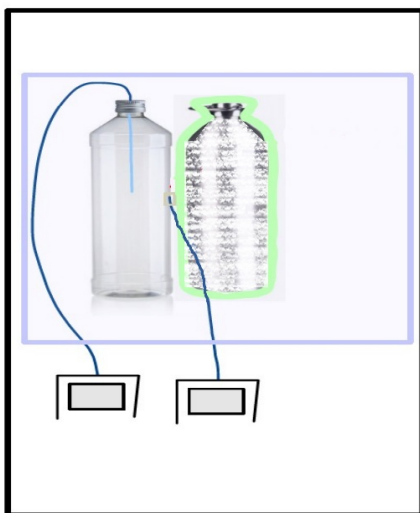
(a) Radiatiemetingen: afstand variabel



(b) Conductiemetingen: dikte en materiaal hoes variabel

Figuur 3.8: Metingen eigenschappen voor hoes om de kruik heen: Het thermokoppel is weergegeven met een blauwe lijn en een display. De deken in het bed is in het paars weergegeven en het bed zelf in het zwart. De hoes is groen aangegeven.

Op basis van de uitkomsten van de metingen die voor radiatie zijn uitgevoerd werd een optimale afstand tussen een kale kruik en de modelbaby bepaald. Op basis van de uitkomsten van de conductiemetingen is een meest geschikt materiaal met bijbehorende dikte bepaald. Deze combinatie van materiaal, dikte en afstand is allemaal meegenomen bij het testen van een kruik met hoes bij de modelbaby in bed. De hoes die getest is bij de modelbaby in bed bestond uit 16 mm PVC schuim met kleine en grote gaten. De hoes is om de kruik heen geplaatst, waarna de kruik met water van 100°C is gevuld. De modelbaby werd gevuld met water van 36.5°C . Vervolgens is de kruik met hoes tegen de modelbaby aan geplaatst, onder de dekens, in het bed, zie figuur 3.9. Daarna werd de kern- en huidtemperatuur van de modelbaby, met behulp van thermokoppels, iedere minuut gemeten voor 90 minuten lang.



(a) Kruik met hoes bij modelbaby in bed.



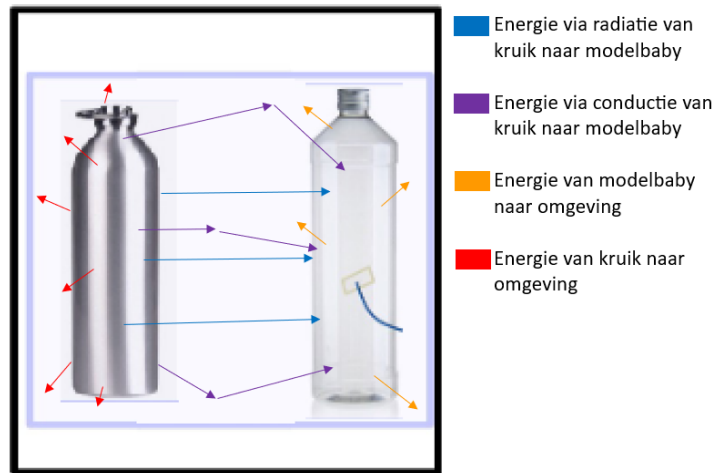
(b) Hoes met grote gaten

Figuur 3.9: Hoes van 16 mm PVC schuim met gaten om kruik heen in bed met modelbaby: Het thermokoppel is weergegeven met een blauwe lijn en een display. De deken in het bed is in het paars weergegeven en het bed zelf in het zwart. De hoes is groen aangegeven.

3.2 Dataverwerking

De data die verzameld is, is in Matlab verwerkt. Alle metingen die uitgevoerd werden, zijn in een grafiek weergegeven. Voor iedere situatie zijn twee metingen uitgevoerd waarvan het gemiddelde is bepaald. Als twee metingen van eenzelfde situatie en ander verband aantoonde is de meting nog een keer uitgevoerd voordat er een gemiddelde genomen is. Er is dus altijd een gemiddelde genomen van twee metingen die hetzelfde verband aantonen bij één situatie. Dit is voor zowel kern- als huidtemperatuur gedaan. De grafieken zijn weergegeven in een figuur waarbij ook het ideale temperatuurbereik van de kerntemperatuur en de maximale temperaturen voor de huid weergegeven zijn.

Daarnaast is de hoeveelheid warmte-energie, die van de kruik bij de modelbaby komt, bij de verschillende methoden geanalyseerd. Hiervoor is eerst *curve fitting* toegepast bij alle grafieken van de gemiddeldes. Vervolgens is voor alle kerntemperaturen berekend wat de toename of afname is van de warmte-energie van de modelbaby. Dit is volgens formule 2.3 gedaan. Hierin is m de massa van het water in de modelbaby, wat gelijk is aan 2 kg . Voor c is de soortelijke warmte van water genomen, 4.187 kJ/kgK . De ΔT staat voor het temperatuurverschil van het water in de modelbaby in K . Dit temperatuurverschil is uit de grafieken gehaald waar *curve fitting* is toegepast. Voor iedere situatie is het temperatuurverschil berekend over 15 minuten voor het eerste anderhalf uur van de meting. Op dezelfde manier is Q , de warmte-energie in kJ , berekend. Vervolgens is ook op deze manier de warmte-energie berekend van de standaardmeting van de afkoelende modelbaby, onder dekens, zonder aanwezigheid van een kruik. Om vervolgens de hoeveelheid warmte-energie te berekenen die van de kruik naar de modelbaby wordt overgebracht is gebruik gemaakt van een zelf opgesteld energiediagram, zie figuur 3.10. Uit dit diagram is formule 3.1 opgesteld.



Figuur 3.10: Energieoverdrachten tussen de modelbaby, de kruik en de omgeving.

$$Q_{\text{kruik naar modelbaby}} = Q_{\text{modelbaby naar omgeving meting}} - Q_{\text{modelbaby naar omgeving referentiemeting}} \quad (3.1)$$

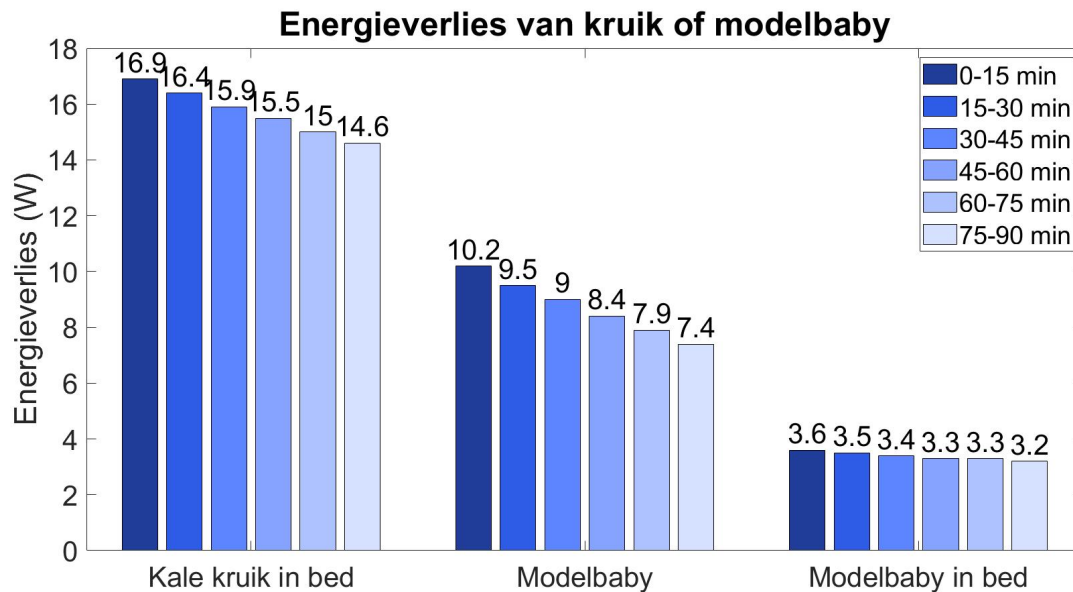
Deze formule is opnieuw voor iedere situatie toegepast over 15 minuten voor het eerste anderhalf uur van de meting. De resultaten hiervan zijn weergegeven in een staafdiagram. Bij de 'kind erin, kruik eruit' methode is echter eerst berekend hoeveel energie er van de kruik is opgeslagen in het bed tijdens het voorverwarmen. Dit is gedaan door te berekenen hoeveel energie de kale kruik in bed, bij de referentiemeting, heeft verloren in de eerste 10, 15, 20 en 30 minuten. Vervolgens is met formule 3.1 berekend hoeveel energie er van het voorverwarmde bed naar de modelbaby toe is gegaan.

Tot slot is nog gekeken naar de hoeveelheid van de energie die de kruik verliest, die daadwerkelijk bij de modelbaby aankomt. Dit is berekend door de energie die aankomt bij de modelbaby, in verschillende situaties, te delen door de energie die de kale kruik in bed verliest. Vervolgens is dit voor de methoden: 'kruik bij kind in bed', 'kind erin, kruik eruit' en de experimentele methode weergegeven als ratio in één figuur.

4 Resultaten

4.1 Referentiemetingen

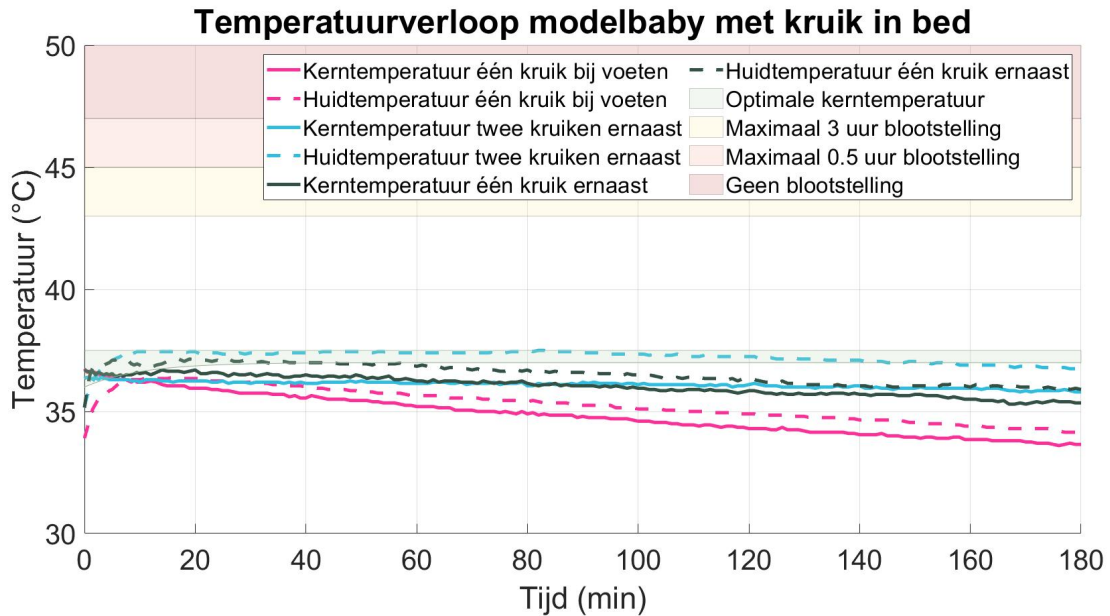
De uitkomsten van de referentiemetingen van de afkoelende kale kruik in bed, modelbaby en modelbaby in bed zijn weergegeven in figuur 4.1. Deze resultaten zijn later gebruikt om in verschillende situaties de energieoverdracht van de kruik naar de modelbaby te berekenen en om de effectiviteit van de energieoverdracht te berekenen.



Figuur 4.1: Energieverlies van de kruik of modelbaby naar het bed of naar de omgeving toe per 15 minuten.

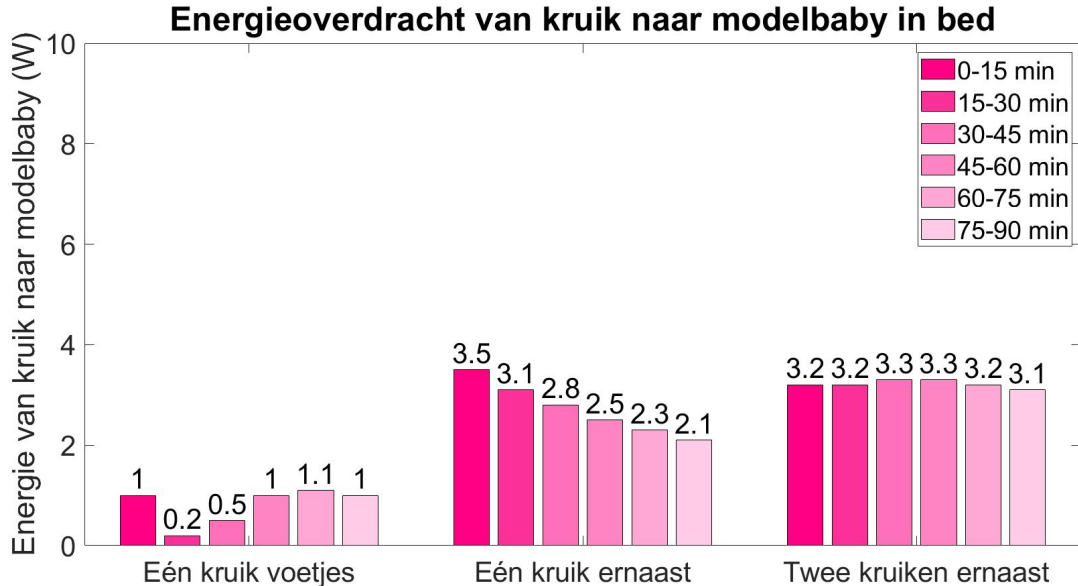
4.2 'Kind bij kruik in bed' methode

Het temperatuurverloop van de modelbaby in verschillende situaties is gemeten. Deze temperatuur is uitgezet tegen de tijd, waarbij ook de eerder opgestelde grenswaarden meegenomen zijn in het figuur. Het temperatuurverloop van de modelbaby bij de 'kruik bij kind in bed' methode is weergegeven in figuur 4.2. Er is te zien dat de huidtemperatuur bij alle metingen onder de grenswaarden blijft. De kerntemperatuur neemt sneller af in de situatie waarbij één kruik bij de voeten ligt dan waarbij één kruik naast de modelbaby ligt. In de situatie waar twee kruiken zijn gebruikt is de kerntemperatuur stabiel gebleven.



Figuur 4.2: Temperatuurverloop van kern- en huidtemperatuur van de modelbaby bij de kruik in en hydrofiële doek, tussen dekens, bij de modelbaby in bed.

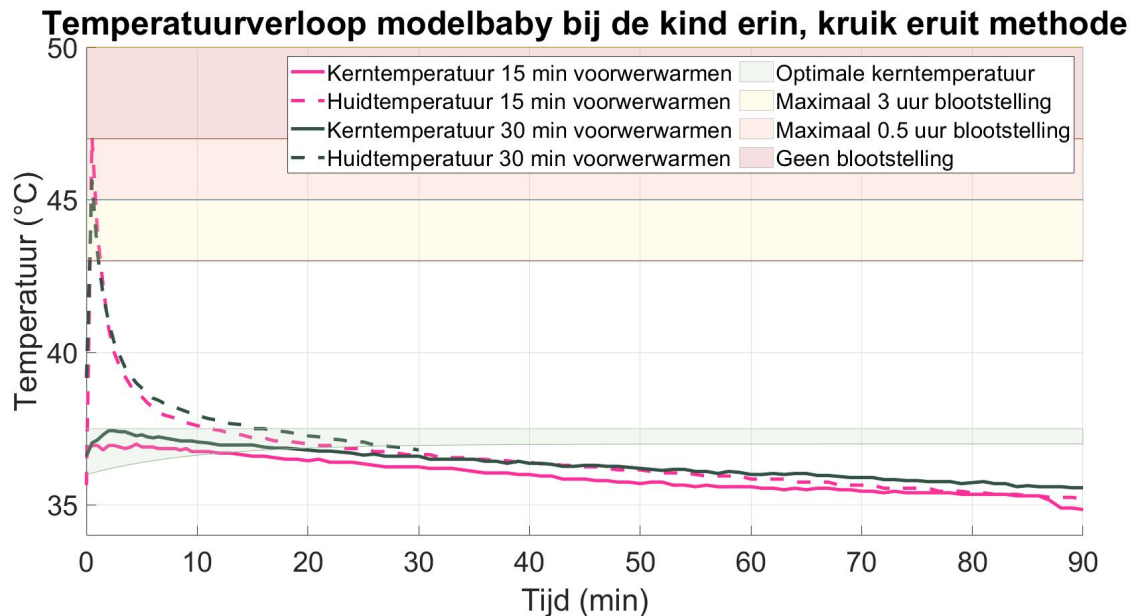
In figuur 4.3 is te zien dat er altijd een energieoverdracht van de kruik naar de modelbaby is geweest. Eén kruik bij de voeten geeft een lagere energieoverdracht dan één kruik naast het kind in bed. Verder is de hoeveelheid energie die van de kruik naar de modelbaby toe gaat constanter over de tijd bij het gebruik van twee krukken ten opzichte van één kruik.



Figuur 4.3: Energieoverdracht van de kruik naar de modelbaby in de situatie waarbij kruik(en) met hydrofiële doek bij modelbaby in bed liggen

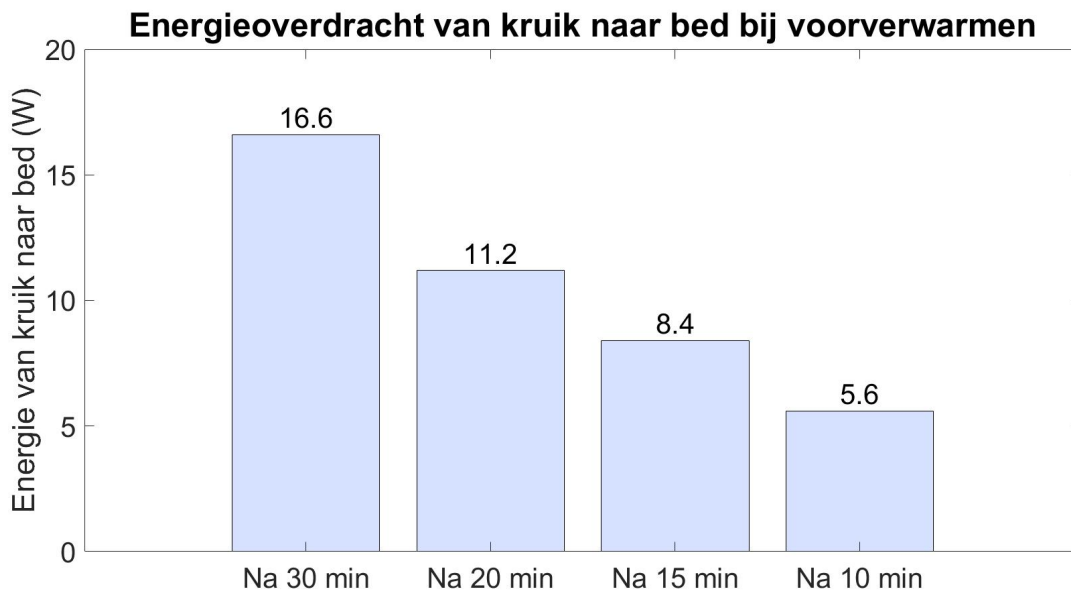
4.3 'Kind erin, kruik eruit' methode

Bij de 'kind erin, kruik eruit' methode is er een sterke stijging van de huidtemperatuur als de modelbaby in het bed wordt gelegd, zie figuur 4.4. Verder neemt bij 15 en 30 minuten voorverwarmen de kerntemperatuur af. Bij het 30 minuten voorverwarmen van het bed is in de eerste 10 minuten voor een kleine verhoging van kerntemperatuur van de modelbaby te zien. Vervolgens neemt de kerntemperatuur af met hetzelfde verband als bij 15 minuten voorverwarmen. In figuur 6.10 in bijlage 10 zijn alle metingen van de 'kind erin, kruik eruit' methode weergegeven. Hier is te zien dat alle situaties eenzelfde verloop kennen.

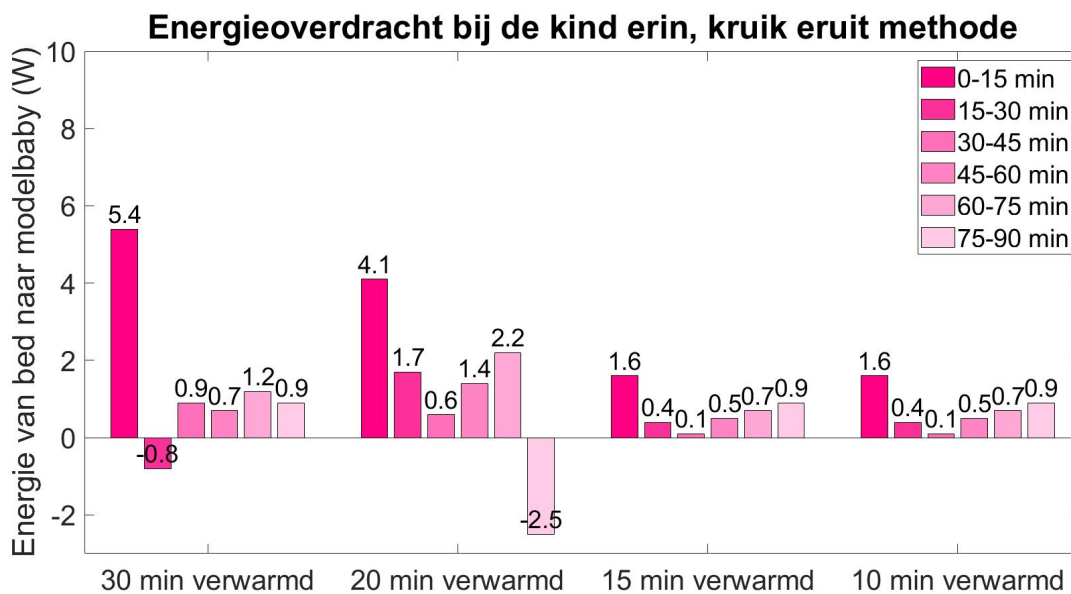


Figuur 4.4: Temperatuurverloop van de modelbaby bij het 'kind erin kruik eruit' beleid bij 15 en 30 minuten voorverwarmen van het bed.

Als het bed wordt voorverwarmd met een kruik wordt er meer energie in het bed opgeslagen wanneer het bed langer wordt voorverward, zie figuur 4.5a. In figuur 4.5b is te zien dat bij het 'kind erin, kruik eruit' beleid een lagere energieoverdracht naar de modelbaby dan in de situatie waarbij de modelbaby met kruik in bed ligt (figuur 4.3). Ook is de energieoverdracht minder stabiel bij het 'kind erin, kruik eruit' beleid. Daarnaast is, bij het 20 en 30 minuten voorverwarmen, een moment op te merken waarbij de energieoverdracht van het bed naar de modelbaby negatief is.



(a) Energieoverdracht van de kale kruik naar het bed bij voorverwarmen



(b) Energieoverdracht van het voorverwarmd bed naar de modelbaby bij de 'kind erin, kruik eruit' methode

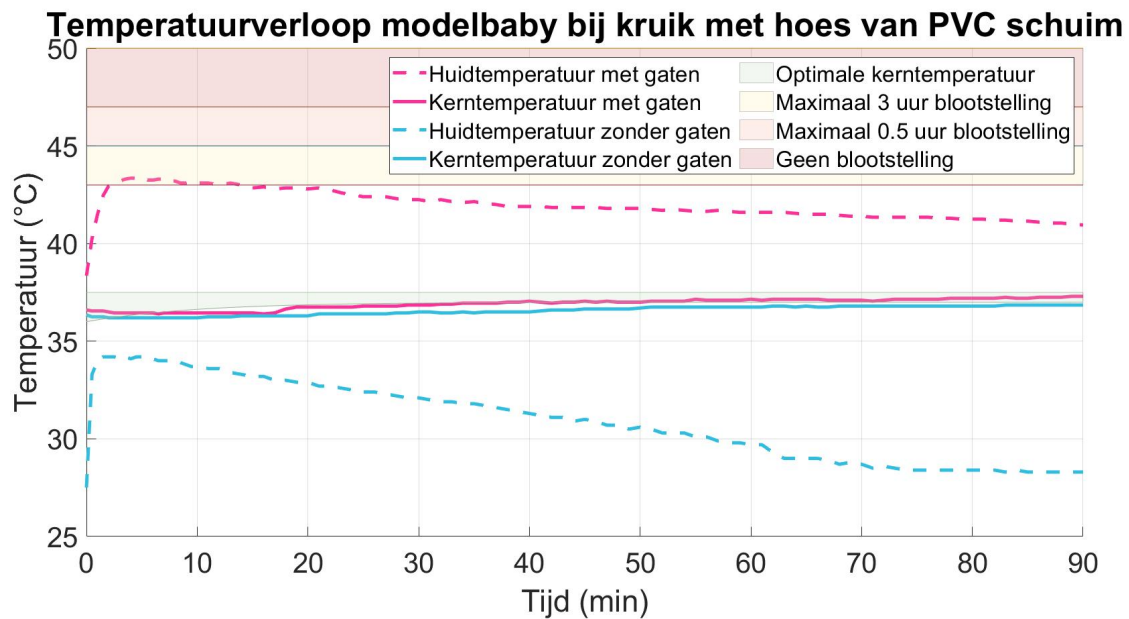
Figuur 4.5: Energieoverdracht bij de 'kind erin, kruik eruit' methode

4.4 Experimentele methode

Naast het in kaart brengen van de efficiëntie en veiligheid van het huidige gebruik van de kruik is er ook gekeken naar eisen waar een nieuwe innovatie van de kruik aan zou moeten voldoen. Met de resultaten van de radiatie- en conductiemetingen, zie bijlage 10 figuur 6.11, 6.12 en 6.13, werd de hoes van 16 mm PVC schuim gekozen waar deze metingen mee zijn uitgevoerd.

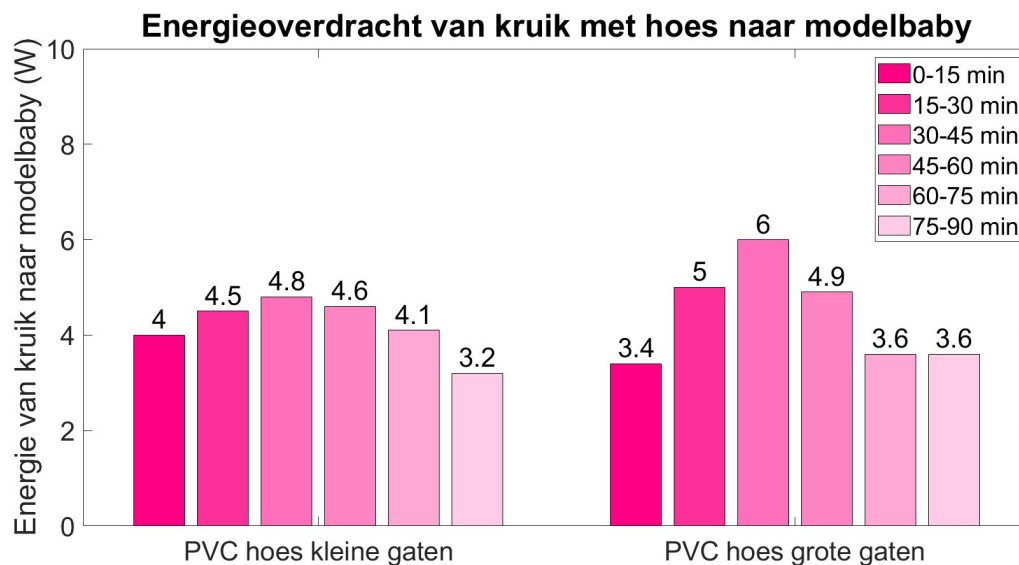
Het temperatuurverloop van de huid- en kerntemperatuur van de modelbaby bij het gebruik van de hoes van PVC schuim is weergegeven in figuur 4.6. Hier is te zien dat in beide situaties de kruik met hoes een kerntemperatuurstijging van de modelbaby als gevolg heeft gehad. Deze stijging van kerntemperatuur verloopt stabiel en eindigt na anderhalf uur meten in de optimale kerntemperatuur. Deze stijging verloopt bij de hoes met grote gaten sneller dan die bij de hoes met kleine gaten. Een

groter verschil is te zien in huidtemperatuur. In beide gevallen stijgt deze de eerste vijf minuten hard, waarna deze geleidelijk afneemt, maar in de situatie van de hoes met grote gaten ligt de maximale huidtemperatuur hoger. Ook neemt deze daarna minder snel af ten opzichte van de huidtemperatuur bij het gebruik van een PVC schuim hoes met kleine gaten.



Figuur 4.6: Temperatuurverloop modelbaby bij hoes van PVC schuim

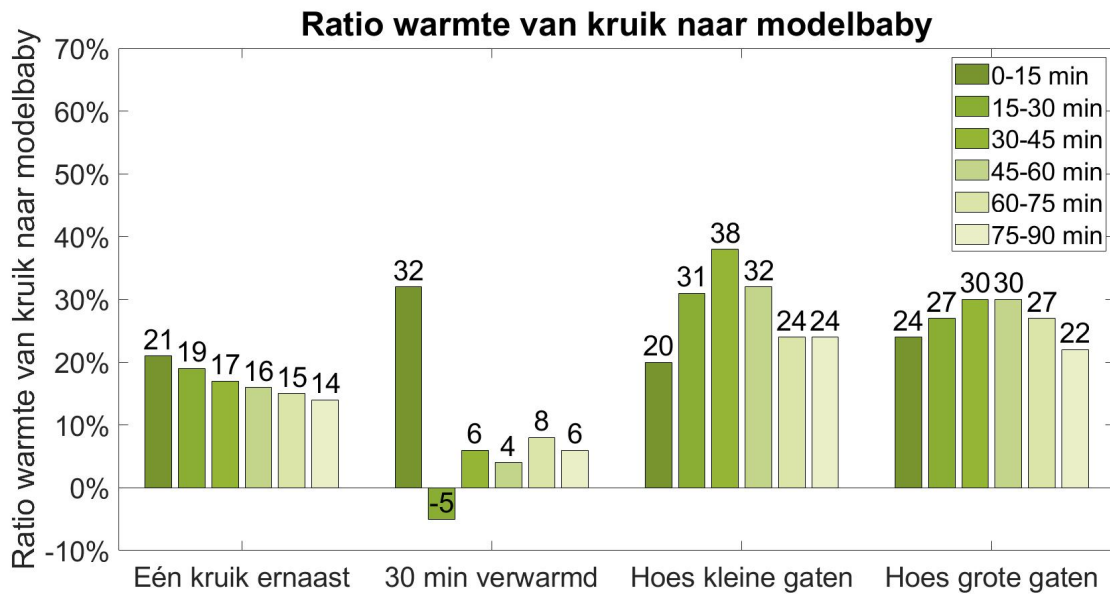
In figuur 4.7 is de energie te zien die van de kruik naar de modelbaby gaat als er een hoes van 16 mm PVC schuim om de kruik heen zit. Beide situaties kennen hetzelfde verband, maar in het geval van een hoes met kleine gaten blijft de energieoverdracht stabiel. Als er grote gaten in de hoes zitten is de maximale energieoverdracht van de kruik naar de modelbaby hoger.



Figuur 4.7: Energieoverdracht van kruik naar modelbaby in de situatie waarbij kruik met hoes van 16 mm PVC schuim bij modelbaby in bed ligt

4.5 Efficiëntie van de verschillende methoden

Hoe efficiënt de energieoverdracht is van de gemeten methoden is te zien in figuur 4.8. In de situatie met één kruik naast de modelbaby in bed wordt maximaal 21% van de energie die uitgezonden door de kruik door de modelbaby opgenomen. Verder loopt de efficiëntie minimaal af naarmate de kruik langer bij de modelbaby in bed ligt. Daarnaast is de efficiëntie van de 'kind erin, kruik eruit' methode, waarbij het bed 30 minuten voorverwarmd wordt, laag. De eerste 15 minuten is er een efficiëntie van 32%, maar daarna wordt deze niet meer hoger dan 8%. Bij de metingen waar de kruik met een hoes van 16 mm PVC schuim, met grote en kleine gaten, bij de modelbaby in bed lag, is de efficiëntie altijd 20% of meer.



Figuur 4.8: De efficiëntie van de kruik in verschillende situaties. Dus het ratio van de energie die de kruik uitzendt die daadwerkelijk bij de modelbaby komt.

5 Discussie

5.1 Inleiding probleemstelling

Dit onderzoek heeft gediend als het kwalitatief en kwantitatief in beeld brengen van de probleemstelling rondom het gebruik van kruiken. De vraagstelling hoe je op een efficiënte en veilige manier een kruik kunt gebruiken bij een pasgeborene is onderzocht. Hierbij zijn verschillende gebruiksmethoden in kaart gebracht. Hieronder vallen de 'kruik bij kind in bed' methode en de 'kind erin, kruik eruit' methode. Op basis van opgestelde eisen waaraan een kruik zou moeten voldoen om de kruik effectief en veilig te gebruiken, is gekeken naar een innovatie met behulp van experimentele metingen. De resultaten uit hoofdstuk 4 worden in deze sectie bediscussieerd, waarna de limitaties van dit onderzoek en de aanbevelingen voor vervolgonderzoek besproken worden.

5.2 Bespreking resultaten

5.2.1 'Kruik bij kind in bed' methode

De huidtemperatuur van de modelbaby is gemeten op het punt dat zich het dichtst bij de kruik bevond. Dit is volgens de hypothese het heetste punt. Zoals te zien in figuur 4.2 bevindt de huidtemperatuur zich bij de 'kruik bij kind in bed' methode in het veilige gebied. Dit is te verklaren aan de hand van de hoeveelheid isolatiemateriaal die zich tussen de kruik en de modelbaby bevond. Door de hydrofiele doek met knoop en de dekens komt de energieoverdracht veel weerstand tegen richting de modelbaby. De isolatielaag die hiermee gevormd wordt zorgt ervoor dat de methode veilig is om te gebruiken. Echter, uit vooronderzoek is gebleken dat deze methode niet altijd juist volgens protocol wordt uitgevoerd, waardoor er in sommige gevallen minder isolatie tussen de kruik en de pasgeborene zit. Dit maakt dat de veiligheid van deze methode in twijfel getrokken moet worden, omdat brandwonden kunnen ontstaan.

Zoals benoemd in hoofdstuk 4 loopt de kerntemperatuur sneller af wanneer er één kruik bij de voeten ligt dan wanneer er één of twee kruiken naast de modelbaby in bed liggen. Dit is te verklaren door het feit dat de afstand tussen de kern van de modelbaby en de kruik als warmtebron groter is. In formule 2.1 is af te lezen dat de warmteflow omgekeerd evenredig is met de afstand. De waarde van warmteflow Q daalt wanneer de afstand stijgt. Daarnaast is het oppervlak waarover conductie plaatsvindt van de kruik naar de voeten kleiner dan het oppervlak wanneer de kruik en het kind parallel aan elkaar liggen. De hitteflow is recht evenredig met dit oppervlak zoals te zien is in formule 2.1, waardoor ook hierdoor de Q lager zal zijn. Aangezien conductie het grootste aandeel heeft in de warmteoverdracht zal in de situatie wanneer er één kruik bij de voeten in bed ligt, de warmteoverdracht dus lager zijn. Dit is ook duidelijk te zien in het verschil in energie overdracht in figuur 4.3.

De stabielere kerntemperatuur van twee kruiken bij het kind in bed ten opzichte van één kruik naast het kind is te herleiden naar de stabiele energieoverdracht die de methode laat zien in figuur 4.3. Dit is te verklaren doordat de snelheid van warmteopname van de modelbaby een maximum heeft. Deze wordt al bereikt wanneer er één kruik naast het kind ligt. Later zal de capaciteit van één kruik onder dit maximum komen, waardoor de kerntemperatuur daalt. Echter, kennen twee kruiken gezamenlijk een grotere capaciteit en kunnen dus over langere tijd samen voor een hogere energieoverdracht zorgen. Dit resulteert in een stabiel verband van zowel kerntemperatuur als warmteoverdracht dat langer aangehouden kan worden. Op basis hiervan kan gesteld worden dat de methode van twee kruiken, ingerold in een hydrofiele doek, met de knoop naar de modelbaby, tussen de dekens in als effectief gezien kan worden. Deze situatie betreft zich op de modelbaby. In werkelijkheid blijft de hoeveelheid kruiken die gebruikt moeten worden afhankelijk van de individuele toestand van de pasgeborene.

In figuur 4.3 is bij de meting met één kruik bij de voeten een piekje te zien bij de eerste 15 minuten. Dit verloop verschilt van de andere methoden en kan niet verklaard worden. De verwachting is dat hier een meetfout is opgetreden. Ook kan er een onnauwkeurigheid bij het uitvoeren van de meting zijn geweest die niet is opgevallen.

5.2.2 'Kind erin, kruik eruit' methode

De 'kind erin, kruik eruit' methode kent weinig tot geen effect. Het kerntemperatuurverloop laat een constante daling zien met uitzondering in de eerste vijf minuten na het 30 minuten voorverwarmen, zie figuur 4.4. De daling die in iedere situatie in figuur 4.4 te zien is, is te verklaren door de lage energie die het voorverwarmde bed aan de modelbaby kan geven. Deze energie die het bed in theorie zou kunnen geven volgens figuur 3.8a is lager dan de energie die de modelbaby verliest, met als gevolg dat de modelbaby in deze methode alleen maar kan afkoelen. De duur van het voorverwarmen heeft invloed op de energie die de modelbaby in de eerste 15 minuten na het in bed leggen krijgt. Langer voorverwarmen geeft een hogere warmte-energie bij de modelbaby. Dit is te verklaren door middel van figuur 3.8a, waarbij te zien is dat de totale energie die het bed van de kruik ontvangt na het voorverwarmen, evenredig met de tijd afneemt. Na de eerste 15 minuten kent de warmte-energie die de modelbaby opneemt echter een forse daling, zie figuur 4.5. Vrijwel alle energie die in het bed opgeslagen zat, is hier verbruikt of gelekt naar de omgeving. Het kerntemperatuurverloop daalt vergelijkbaar als in de referentiemeting. De forse daling in hoeveelheid warmte-energie die de modelbaby opneemt is niet gewenst. In de situatie met een pasgeborene ondersteunt dit namelijk niet de temperatuurhuishouding, maar zal het kind door de grote schommelingen nog harder moeten werken om op een stabiele temperatuur te blijven.

In het figuur van de energieoverdracht bij het 'kind erin, kruik eruit' beleid zijn er twee negatieve staafjes te zien, zie figuur 4.5. De negatieve pieken laten zien dat de modelbaby op die momenten sneller afkoelt dan zonder enige invloed van een kruik. Dit kan verklaard worden doordat eerst energie toegevoegd is aan de modelbaby, waarna het dus ook meer energie heeft om te verliezen. Er is namelijk geen kruik in het bed aanwezig om de energie aan te blijven vullen.

In de huidtemperatuur van de modelbaby is in de eerste vijf minuten een enorme piek te zien, welke ook de maximumwaarde van huidtemperatuur overschrijdt. Dit is te verklaren door het feit dat de modelbaby op exact dezelfde plek in het bed wordt gelegd waar eerder de kruik lag met een buitentemperatuur waarde van tussen de 75-85 °C, zie figuur 6.14 in bijlage 10. Deze metingen laten zien dat het kind neerleggen in een warm bed waar eerder een hete kruik gelegen heeft niet veilig is, omdat de temperatuur in het bed te hoog is en er dus een risico op brandwonden is.

5.2.3 Experimentele methode

Uit de conductie en radiatie metingen zijn voorlopige conclusies getrokken over welke omstandigheden het meest voldoen aan de gestelde eisen en grenswaarden. Hieruit bleek dat de optimale energieoverdracht via radiatie van de kruik naar de modelbaby geldt als deze op vijf cm afstand van elkaar liggen. Echter, drie cm ligt ook nog in een acceptabel bereik, zie figuur 6.12 in bijlage 10. Daarnaast kan deze afstand verkleind worden door middel van een isolatie rondom de kruik.

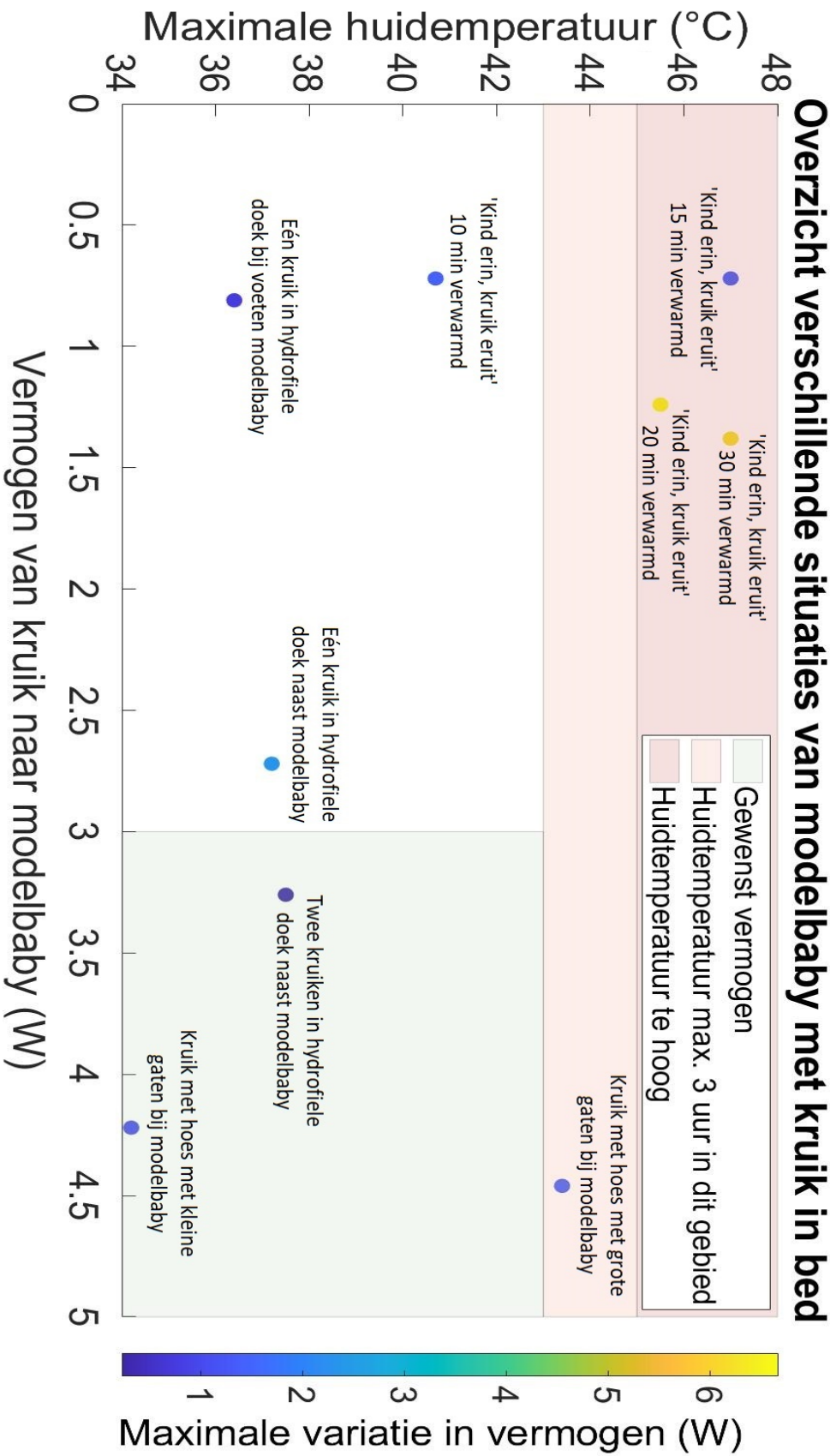
De warmteoverdracht door conductie zou gerealiseerd kunnen worden door zowel 16 mm PVC schuim als 18 mm siliconen. Omdat het gebruikte PVC schuim kleine openingen in het materiaal kent, kan er bij een hoes van deze stof niet enkel gebruikt gemaakt worden van energieoverdracht door conductie maar ook door radiatie. Om deze reden is gekozen om verdere proefmetingen te doen met een hoes van 16 mm PVC schuim. Hierbij is onderscheid gemaakt tussen de originele grootte van de gaten en een situatie waarbij deze gaten vergroot zijn om meer gebruik te kunnen maken van energieoverdracht door radiatie.

Figuur 4.6 laat een constante stijging zien van de kerntemperatuur in beide situaties. Aan dit resultaat ligt ten grondslag dat de warmte-energie, die vanuit de kruik naar de modelbaby wordt overgebracht gedurende deze 90 minuten, altijd hoger is dan de warmte-energie die de modelbaby zonder invloed van een kruik per tijdseenheid verliest. De gemiddelde energieoverdracht ligt bij de hoes met grote gaten hoger dan bij de hoes met kleine gaten. Dit is te verklaren doordat bij een hoes met grote gaten meer warmteoverdracht door middel van radiatie kan optreden. Er is echter ook te zien dat de energieoverdracht van de kruik naar de modelbaby een stabielere verloop heeft bij de hoes van PVC schuim met kleine gaten. Dit kan verklaard worden doordat de hoes met kleine gaten meer isoleert, waardoor de kruik langer eenzelfde energie kan afgeven. Dit komt overeen met onze verwachtingen vooraf.

In tegenstelling tot de kerntemperatuur is er een groot verschil te zien in huidtemperatuur van de modelbaby. Dit grote verschil is te verklaren door de vergrote radiatie energieoverdracht. De hoes heeft namelijk niet de dikte die overeenkomt met de optimale afstand die bij eerdere experimentele metingen bepaald is. Echter, formule 2.2 laat zien dat de warmteoverdracht door radiatie recht evenredig is met het oppervlak van de warmtebron. Omdat met behulp van de hoes het 'kale' oppervlak van de kruik verkleind is zal de hitteflow over de tijd ook verkleinen. Hierdoor kan de hittebron, in dit geval de kruik, dichterbij de modelbaby liggen zonder dat de huidtemperatuur gevaarlijk hoog wordt. Bij het testen van de PVC schuim hoes met grote gaten is er nu nog geen rekening gehouden met de veiligheid. Om dit te kunnen implementeren zou eerst verder onderzoek moeten plaatsvinden naar de grootte van de gaten. Ze moeten klein genoeg zijn om de veiligheid van de pasgeborene te waarborgen, maar groot genoeg om voldoende radiatie te bewerkstelligen.

Beide situaties zijn dus zowel effectief als veilig bewezen in deze metingen. Echter was de hoes nu een eerste prototype en moet verder ontwikkeld worden. Daarbij kan rekening gehouden worden met bovenstaande om zowel de conductie als de radiatie hun optimale werk te laten doen zonder dat de huidtemperatuur voorbij het maximum stijgt.

5.2.4 Vergelijking methoden



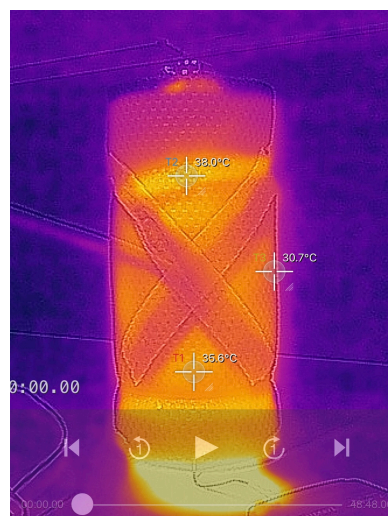
Figuur 5.1: Overzicht verschillende methoden

In figuur 5.1 is een overzicht weergegeven van hoe alle verschillende methoden zich verhouden ten opzichte van elkaar. Hierbij is veiligheid, gemeten in maximale huidtemperatuur, de effectiviteit, gemeten in een range van vermogen waarbij de modelbaby opwarmt en de stabiliteit, gemeten in maximale variatie tussen de overdracht van warmte-energie per kwartier, meegenomen. Hier is direct te zien dat de 'kind erin, kruik eruit' methoden verworpen moeten worden op basis van onveiligheid en inefficiëntie. Daarnaast is te zien dat bij de 'kruik bij kind in bed' methode de drie variaties gelijk staan op gebied van veiligheid, maar dat twee kruiken naast het kind in bed beduidend sterker scoort op gebied van effectiviteit en stabiliteit. Als laatste de experimentele methode, deze heeft een hoge effectiviteit, maar verschilt enorm in veiligheid. Wanneer grotere gaten worden toegevoegd heeft dit effect op de huidtemperatuur die dan stijgt. Op het gebied van effectiviteit en stabiliteit verschillen de twee hoezen lichtelijk van elkaar.

5.3 Limitaties

5.3.1 Metingen

Om te controleren of er op de juiste punten gemeten is, is gebruik gemaakt van een thermocamera, zie figuur 5.2. Bij iedere meting is een visualisatie gemaakt van de warmteverdeling en zo het warmste punt bepaald, zodat er met het thermokoppel op de modelbaby de maximale huidtemperatuur gemeten is. Tijdens de metingen is de thermocamera gebruikt om te kijken of er op andere plekken op de modelbaby *hot spots* ontstaan gemist zijn. Dit is niet waargenomen, waardoor geconcludeerd wordt dat de metingen van de huid representatief zijn voor de maximale huidtemperatuur. De positie van het thermokoppel aan de binnenkant is constant gehouden, namelijk het midden van de fles. Het is niet duidelijk of dit de warmste plek is in de modelbaby, maar hierdoor zijn wel alle gemeten situaties vergelijkbaar met elkaar.



Figuur 5.2: Voorbeeld van visualisatie met behulp van thermocamera

De metingen zijn uitgevoerd in een ruimte met een omgevingstemperatuur tussen 20 en 22°C. Door bijvoorbeeld aanwezigheid van personen, het aangaan van de airco of het openen van deuren is de omgevingstemperatuur niet constant gehouden tijdens de metingen. Dit zou effect kunnen hebben op de resultaten van de metingen. Er zijn echter geen afwijkende waarden gezien die eventueel met deze beredenering verklaard kunnen worden. Om zeker te weten wat voor invloed de omgevingstemperatuur op de resultaten heeft zou verder onderzoek uitgevoerd moeten worden waarbij alle factoren constant worden gesteld, maar de omgevingstemperatuur verandert. In het dagelijks leven is de omgevingstemperatuur ook een fluctuerende factor. Dit heeft dus niet alleen invloed op de resultaten van onze metingen, maar ook op de temperatuurhuishouding van een pasgeborene.

5.3.2 Kruik

In dit onderzoek is gebruik gemaakt van de heetwaterkruik. Deze kruik wordt voornamelijk in de thuissituatie door ouders gebruikt. De kruik die in het ziekenhuis gebruikt wordt, is gevuld met een natriumacetaat oplossing. Hoewel de handelingen bij het gebruik gelijk zijn, zijn er wel verschillen in thermische eigenschappen tussen de twee kruiken. De natriumacetaat oplossing heeft namelijk een lagere soortelijke warmte dan water. Dit houdt in dat natriumacetaat minder energie nodig heeft dan

water om op dezelfde temperatuur te komen. De dichtheid van de natriumacetaat oplossing is 1400 kg/m^3 en van water is 1000 kg/m^3 [39]. Dit houdt in dat de warmtecapaciteiten van de ziekenhuiskruik en de heetwaterkruik te vergelijken zijn aan de hand van formule 2.3. De ΔT wordt als constant beschouwd. Dit komt, als aangenomen wordt dat de kruiken dezelfde inhoud van 0.0011 m^3 hebben, voor de ziekenhuiskruik neer op een warmtecapaciteit van 4.62 kJ/K en voor de heetwaterkruik op 4.61 kJ/K , waarbij beiden afhankelijk zijn van ΔT . Gezien het feit dat de ziekenhuiskruiken door de kruikenmoeder maar tot $70 \text{ }^\circ\text{C}$ worden opgewarmd en de heetwaterkruiken worden gevuld met water van 100°C , is de verwachting dat in de ziekenhuiskruik minder energie opgeslagen wordt. Het heeft daaruit concluderend dan ook minder energie om aan de pasgeborene te geven. Hierop berust de hypothese dat de ziekenhuiskruiken minder effect hebben bij de opwarming van het kind dan de heetwaterkruik zoals deze thuis wordt gebruikt. Echter, zou dit met een volgend onderzoek bewezen moeten worden. Daarbij kan ook afgevraagd worden of de methode van gebruik, die gebaseerd is op veiligheid voor ziekenhuiskruiken, wel effectief genoeg is. In dit onderzoek is namelijk al aangetoond dat met gebruik van heetwaterkruiken de 'kruik bij kind in bed' en 'kind erin, kruik eruit' methoden niet altijd effectief genoeg zijn.

5.3.3 Modelbaby

Om metingen uit te voeren is er gekozen voor een PET-fles van twee liter die dient als modelbaby van een pasgeborene. Er zijn een aantal dingen om rekening mee te houden in de vergelijking van de modelbaby met een baby. De eerste beperking die komt kijken bij het gebruik van deze modelbaby is het verschil in gewicht. Ongecompliceerde pasgeborenen wegen bij geboorte gemiddeld 3.6 kg [32]. Dit is een verschil van ongeveer 1.6 kg ten opzichte van de modelbaby, waardoor het temperatuurverloop van een afkoelende pasgeborene ten opzichte van de afkoelende modelbaby zal verschillen. Een pasgeborene met een hoger gewicht heeft namelijk een lagere omgevingstemperatuur nodig om een normale kerntemperatuur te onderhouden [19]. Een baby met een hoger gewicht is naar inzicht namelijk groter waardoor het ratio oppervlak inhoud kleiner is. Daarnaast heeft een baby met een hoger gewicht vaak meer vet wat voor een isolatielaag zorgt.

Een tweede punt om rekening mee te houden is dat een pasgeborene eigen, beperkte, mechanismen (bruin vetweefselverbranding en een verhoogd metabolisme) heeft om enigszins warm te blijven. Daarom is het warmteverlies van een baby anders te beschrijven dan die van de modelbaby. Volgens Fic et al is de formule die het metabole warmteverlies beschrijft als volgt [40]:

$$q_z = \frac{m(0.0522 \cdot \tau_n + 1.64)}{V} \quad (5.1)$$

Hierbij is q_z het metabole warmteverlies (W/m^3), τ_n is het aantal dagen dat de baby oud is, m is de massa (kg) en V is het volume in m^3 . Om te benaderen hoeveel joule een baby per seconde verliest, wordt het gemiddelde geboortegewicht, 3.6 kg , genomen [32]. Bij dit gewicht is de baby dus één dag oud. Hieruit volgt:

$$Q_{verliesbaby} = 3.6(0.0522 \cdot 1 + 1.64) = 6.1W. \quad (5.2)$$

Aan de hand van formule 2.3, wordt de hoeveelheid joule per seconde die de modelbaby verliest, wanneer deze in een open ruimte staat, benaderd. De m is 2 kg , de soortelijke warmte van water c is $4187 \text{ J/kg} \cdot K$ en het temperatuurverschil over één uur tijd $3.9 \text{ }^\circ\text{C}$. Hieruit volgt:

$$Q_{verliesfantoom} = \frac{mc\Delta T}{t} = \frac{2 \cdot 4187 \cdot 3.9}{3600} = 9.1W \quad (5.3)$$

Hieruit wordt gesteld dat de modelbaby in een open ruimte sneller afkoelt dan een baby. Dus in de resultaten van de metingen met de modelbaby moet er rekening gehouden worden met dit verschil om het te kunnen vertalen naar de realiteit. Er moet ook gekeken worden of dit verschil afhankelijk is van de kerntemperatuur van beiden om de precieze verhouding in het temperatuurverloop tussen een baby en de modelbaby te bepalen.

Daarnaast zijn er andere factoren die invloed hebben op verschillen in temperatuurverloop, met of zonder invloed van de kruik, tussen de modelbaby en een pasgeborene. Zo zijn de thermische eigenschappen van de humane en babyhuid verschillend van de thermische eigenschappen van PET. In dit onderzoek is de temperatuur op het PET als benadering genomen voor de huidtemperatuur maar deze verhouding dient in volgend onderzoek verder onderzocht te worden.

Bovendien zijn er verschillen tussen hoe de pasgeborene en de modelbaby in het bed liggen: de modelbaby heeft geen kleertjes aan, de pasgeborene wel en de baby ligt met het hoofd buiten de deken, terwijl de modelbaby volledig onder de deken ligt. Vanaf het hoofd van de baby gaat veel warmte verloren, maar aangezien in een open ruimte de fles sneller warmte verliest, kan gesteld worden dat dit verschil iets dichterbij elkaar getrokken wordt. Hoe zich dit precies tot elkaar verhoudt, is niet duidelijk en zou meer vervolgonderzoek vereisen.

5.4 Klinische context

De conclusies die uit bovenstaande resultaten kunnen worden getrokken, zijn van belang in de klinische context van de kraamzorg, kindergeneeskunde en neonatologie. Als eerste is het belangrijk dat dit onderzoek zorgt voor bewustwording rondom het gebruik van kruiken bij pasgeborenen. Een belangrijk gevolg van de getoonde resultaten is inzicht geven aan zowel de gebruikers, als de fabrikant van de kruik welke factoren effect hebben op de effectiviteit en veiligheid van het gebruik. Hierbij is het ook belangrijk om te beseffen welke factoren géén effect hebben. Na afloop van dit onderzoek en de bijbehorende resultaten is het streven dat er door bewustwording van het probleem minder meldingen zullen komen van brandwond gevallen.

Niet alleen deze bewustwording rondom het gebruik van de kruik om de veiligheid te verhogen is erg waardevol, maar ook de klinische relevantie op het gebied van temperatuurhuishouding van een kind is hier van belang. Volgens de richtlijn 'Preventie en behandeling van early-onset neonatale infecties' wordt een pasgeborene verdacht op infectie wanneer de kerntemperatuur buiten de range 36 tot 38°C ligt [14]. Om deze reden is het erg belangrijk om de kerntemperatuur van een neonaat zo stabiel mogelijk te houden. Het is nadelig, voor zowel kind als zorgverleners, als er iedere keer een onderzoek naar mogelijke infecties moet worden ingezet, omdat de temperatuur niet goed stabiel kan worden gehouden. Door gecontroleerd een stabiele temperatuur te behouden kunnen echte afwijkingen in de kerntemperatuur die duiden op infecties gerichter gediagnosticeerd worden. Zo kan ook een vervolgbeleid gerichter ingezet worden.

5.5 Aanbevelingen

Dit onderzoek heeft gediend als eerste kennismaking met het probleem rondom het gebruik van kruiken. Er zijn enkele vragen beantwoord, maar er zijn ook veel nieuwe vragen ontstaan. Deze nieuwe vragen zouden mooie onderwerpen kunnen zijn voor vervolgonderzoek. Hier wordt toegelicht welke vragen dit zijn en op welk van deze onderwerpen de focus gelegd dient te worden.

Er zijn ideeën opgedaan en metingen uitgevoerd ten aanzien van een innovatie om het gebruik van een kruik zo veilig en effectief mogelijk te maken. Om niet te ver af te wijken van de huidige workflow is het belangrijk ervoor te zorgen dat de oplossing toegankelijk is voor gebruik in zowel het ziekenhuis als in de thuissituatie. Uit de gedane metingen blijkt dat een hoes van PVC schuim veelbelovende resultaten laat zien. Echter, dit concept dient nog verder getest te worden. Zo zijn grotere gaten toegevoegd om optimaal gebruik te maken van warmteoverdracht via zowel conductie als radiatie, alleen is er nog niet specifiek rekening gehouden met de grootte van deze gaten. De gaten, of het aantal gaten, moeten groot genoeg zijn om de stralingswarmte door te laten, maar niet zo groot dat er een kans bestaat dat een vingertje of teentje van de baby in het gat kan en in aanraking komt met

de kale kruik. Op basis van de maximale grootte en hoeveelheid gaten dient ook de dikte van de hoes opnieuw in overweging genomen te worden om de beste verhouding tussen isolatie van de kruik en afgifte van de warmte te bereiken. In vervolgonderzoek kan er een model ontwikkeld worden waarin de grootte van de gaten en dikte van de hoes bepaald kunnen worden door de gewenste hoeveelheid warmteoverdracht via radiatie en conductie.

Verder kan er nog naar simpele toevoegingen gekeken worden die het gebruik nog efficiënter en veiliger maken. Een suggestie is om een strip aan de hoes toe te voegen van een thermochroom vel. Deze bevat *thermocolour liquid crystals*, kristallen die van kleur veranderen als gevolg van temperatuurverandering. De vellen komen voor in verschillende bandbreedtes, bijvoorbeeld van 20 tot 25°C. Dit kan op een makkelijke manier zichtbaar maken wanneer de kruik op de juiste temperatuur is of wanneer het tijd is om de kruik te vervangen. Daarnaast moet er nog gedacht worden aan het risico op lekken dat de heetwaterkruiken kent. Bij het ontwerp van een hoes kan meegenomen worden om ook op dit gebied de veiligheid te verhogen.

Voor de ontwikkelen van deze kruikhoes is het van belang om een goed beeld te krijgen van de warmte-energie afgifte van de kruik die benodigd is voor het ondersteunen van de temperatuur van een pasgeborene. Hiervoor is het belangrijk te bepalen hoeveel warmte-energie een pasgeborene nodig heeft. In dit onderzoek is gebruik gemaakt van een modelbaby, die als goede benadering gezien kan worden. Echter, zijn er in de fysiologie van de warmtehuishouding van een pasgeborene meer factoren die invloed hebben op het temperatuurverloop onder invloed van een kruik dan de factoren waar nu rekening mee is gehouden. Dit onderzoek heeft een beperkt inzicht gegeven op gebied van metabole warmte. Het is waardevol om ook hier vervolg onderzoek naar te doen. Het opstellen van een geavanceerder model voor de baby in de vorm van een energiebalans kan hierbij de eerste stap zijn. Dit model maakt het mogelijk de energiebehoefte van een ongecompliceerde pasgeborene te berekenen. Op basis hiervan kan de kruik op een gerichte en gecontroleerde manier deze warmte-energie leveren. Daarmee kan ook gecontroleerd de temperatuurinstabiliteit van de pasgeborene gemonitord worden. Wanneer na opname van de specifieke warmte-energie de kerntemperatuur van het kind nog niet op peil blijft, is dit een goede indicatie voor een pathologie zoals perinatale infecties zoals benoemd in sectie 2.1.1. Om hiermee ook testen en metingen uit te kunnen voeren kan in een later stadium gedacht worden aan een verwezelijking van een model van een baby. Dit kan niet alleen van toepassing zijn in dit onderzoek, maar ook in andere onderzoeken met betrekking tot de temperatuurhuishouding van een pasgeborene.

6 Conclusie

In dit onderzoek is gezocht naar een antwoord op de volgende onderzoeksvraag: "Hoe kun je het huidige gebruik van een kruik bij ongecompliceerde pasgeborenen in bed in het ziekenhuis en in de thuissituatie veiliger maken om hun kerntemperatuur te ondersteunen?". Er is een kwalitatief en kwantitatief onderzoek met experimentele metingen uitgevoerd om de huidige situatie in kaart te brengen en een innovatie te onderzoeken.

Uit de resultaten van de 'kruik met kind in bed' methode blijkt dat deze methode veilig is en het meest effectief als de modelbaby tussen twee kruiken in geplaatst wordt. Er bestaan protocollen over hoe de kruiken te gebruiken, maar uit de interviews blijkt dat het huidige gebruik van de kruik varieert. Hierdoor is het gebruik van de kruik met hydrofiele doek bij de pasgeborene in bed niet altijd veilig. Uit de resultaten van het onderzoek naar de 'kind erin, kruik eruit' methode blijkt dat deze methode niet effectief en in sommige gevallen zelfs onveilig is.

Verder blijkt uit de experimentele metingen dat een hoes van 16 mm PVC schuim met gaten het beste voldoet aan de opgestelde eisen waar een hoes rondom een kruik aan moet voldoen. Met deze hoes kan de kruik namelijk tegen de pasgeborene aan gelegd worden, zonder dat er brandwonden ontstaan. Ook is uit de resultaten gebleken dat er voldoende energieoverdracht is om effectief te zijn. Als het gewenst is om een pasgeborene voor een langere tijd stabiel op temperatuur te houden, is een hoes met kleine gaten de beste oplossing. Als de wens is om een pasgeborene op te warmen, is een hoes met grote gaten gewenst. Deze oplossing is daarnaast makkelijk te implementeren in de kliniek en de thuissituatie. Daarom komt deze hoes het beste in de buurt van de ideale situatie.

Verder onderzoek is nodig naar de ontwikkeling van het prototype van de kruikenhoes. Hierbij is het belangrijk een model op te stellen waarin de verschillende manieren van energie-overdracht berekend en uitgewerkt kunnen worden. Om te weten wat de energie-overdracht van de kruik naar het kind moet zijn, moet ook de energiebehoefte van een ongecompliceerde pasgeborene verder onderzocht worden.

Bibliografie

- [1] K. Lunze, D. E. Bloom, D. T. Jamison en D. H. Hamer, „The global burden of neonatal hypothermia: systematic review of a major challenge for newborn survival,” *BMC Med.*, jrg. 11, p. 24, Jan 2013, ISSN: 1741-7015. DOI: 10.1186/1741-7015-11-24. eprint: 23369256.
- [2] N. J. Vet, M. R. C.-v. Dijk en W. J. de Waal, „Brandwonden bij pasgeborenen door warme kruiken,” *NTvG*, mei 2009. adres: <https://www.ntvg.nl/artikelen/brandwonden-bij-pasgeborenen-door-warme-kruiken>.
- [3] warmtecapaciteit, soortelijke warmte, soortelijke warmtecapaciteit, massawarmte, [Online; accessed 22. May 2023], mei 2023. adres: <https://www.joostdevree.nl/shtmls/warmtecapaciteit.shtml>.
- [4] [Online; accessed 20. Jun. 2023], apr 2017. adres: <http://app.kenniscentrumkraamzorg.nl/wp-content/uploads/2017/03/Gebruik-van-kruiken.pdf>.
- [5] D. Singer, „Pediatric Hypothermia: An Ambiguous Issue,” *Int. J. Environ. Res. Public Health*, jrg. 18, nr. 21, p. 11 484, okt 2021, ISSN: 1660-4601. DOI: 10.3390/ijerph182111484.
- [6] R. L. Bissinger en D. J. Annibale, „Thermoregulation in Very Low-Birth-Weight Infants During the Golden Hour: Results and Implications,” *Adv. Neonatal Care*, jrg. 10, nr. 5, p. 230, okt 2010, ISSN: 1536-0903. DOI: 10.1097/ANC.0b013e3181f0ae63.
- [7] R. Knobel en D. Holditch-Davis, „Thermoregulation and Heat Loss Prevention After Birth and During Neonatal Intensive-Care Unit Stabilization of Extremely Low-Birthweight Infants,” *J. Obstet. Gynecol. Neonatal Nurs.*, jrg. 36, nr. 3, p. 280–287, mei 2007, ISSN: 0884-2175. DOI: 10.1111/j.1552-6909.2007.00149.x.
- [8] Newborn Thermoregulation, [Online; accessed 26. Apr. 2023], jun 2013. adres: http://www.cmnrp.ca/uploads/documents/Newborn_Thermoregulation_SLM_2013_06.pdf.
- [9] N. D. nar en T. M. Filiz, „Neonatal thermoregulation,” *Journal of Neonatal Nursing*, jrg. 12, nr. 2, p. 69–74, apr 2006, ISSN: 1355-1841. DOI: 10.1016/j.jnn.2006.01.006.
- [10] V. Bach, F. Telliez, G. Krim en J. P. Libert, „Body temperature regulation in the newborn infant: interaction with sleep and clinical implications,” *Neurophysiologie Clinique/Clinical Neurophysiology*, jrg. 26, nr. 6, p. 379–402, jan 1996, ISSN: 0987-7053. DOI: 10.1016/S0987-7053(97)89152-6.
- [11] J. Liu, S. Wu en X. Zhu, „Advances in the Prevention and Treatment of Neonatal Hypothermia in Early Birth,” *Therapeutic Hypothermia and Temperature Management*, jrg. 12, nr. 2, p. 51–56, jun 2022, ISSN: 2153-7658. DOI: 10.1089/ther.2021.0036.
- [12] X. Liu, Y. Shi, C. Ren, X. Li en Z. Zhang, „Effect of an electric blanket plus a forced-air warming system for children with postoperative hypothermia: A randomized controlled trial,” *Medicine*, jrg. 96, nr. 26, e7389, jun 2017. DOI: 10.1097/MD.0000000000007389.
- [13] Risicofactoren en klinische symptomen voor een early-onset neonatale infectie - Richtlijn - Richtlijndatabase, [Online; accessed 21. Jun. 2023], jun 2023. adres: https://richtlijndatabase.nl/richtlijn/preventie_en_behandeling_van_early-onset_neonatale_infecties/risicofactoren_en_klinische_symptomen_voor_early-onset_neonatale_infectie.html.

- [14] Risicofactoren en klinische symptomen voor een early-onset neonatale infectie - Richtlijn - Richtlijndatabase, [Online; accessed 22. Jun. 2023], jun 2023. adres: https://richtlijndatabase.nl/richtlijn/preventie_en_behandeling_van_early-onset_neonatale_infecties/risicofactoren_en_klinische_symptomen_voor_early-onset_neonatale_infectie.html.
- [15] A. R. Bedford Russell, „Neonatal sepsis,” *Paediatrics and Child Health*, jrg. 25, nr. 6, p. 271–275, jun 2015, ISSN: 1751-7222. DOI: 10.1016/j.paed.2015.02.005.
- [16] E. E. Ghobrial, S. Z. Elhouchi, S. S. Eltatawy en L. O. Beshara, „Risk factors associated with acute kidney injury in newborns,” *Saudi J. Kidney Dis. Transpl.*, jrg. 29, nr. 1, p. 81–87, jan 2018, ISSN: 1319-2442. DOI: 10.4103/1319-2442.225179. eprint: 29456211.
- [17] Kernicterus, [Online; accessed 1. May 2023], 2022. adres: <https://www.kinderneurologie.eu/ziektebeelden/pasgeboren/kernicterus.php>.
- [18] Thermoregulation & Hypothermia in Newborns | Draeger, [Online; accessed 1. May 2023], n.d. adres: https://www.draeger.com/en-us_us/Hospital/Neonatal-Care/Thermoregulation-Hypothermia.
- [19] S. A. Ringer, „Core Concepts: Thermoregulation in the Newborn Part I: Basic Mechanisms,” *NeoReviews*, jrg. 14, nr. 4, e161–e167, apr 2013, ISSN: 1526-9906. DOI: 10.1542/neo.14-4-e161.
- [20] H. Ye en S. De, „Thermal injury of skin and subcutaneous tissues: A review of experimental approaches and numerical models,” *Burns : journal of the International Society for Burn Injuries*, jrg. 43, nr. 5, p. 909, aug 2017. DOI: 10.1016/j.burns.2016.11.014.
- [21] M. Mohrenschlager e.a., „Iatrogenic Burns by Warming Bottles in the Neonatal Period Report of Two Cases and Review of the Literature,” *J. Burn Care Rehabil.*, jrg. 24, nr. 1, p. 52–55, jan 2003, ISSN: 0273-8481. DOI: 10.1097/00004630-200301000-00012.
- [22] S. G. Cox, H. Rode, A. N. Darani en V. L. Fitzpatrick-Swallow, „Thermal injury within the first 4 months of life,” *Burns*, jrg. 37, nr. 5, p. 828–834, aug 2011, ISSN: 0305-4179. DOI: 10.1016/j.burns.2011.02.003.
- [23] M. Saaiq, S. Ahmad en S. Zaib, „Neonatal burn injuries: an agony for the newborn as well as the burn care team,” *Annals of Burns and Fire Disasters*, jrg. 26, nr. 4, p. 175, dec 2013. adres: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3978588>.
- [24] A.-F. de Bengy, J. Lamartine, D. Sigauco-Roussel en B. Fromy, „Newborn and elderly skin: two fragile skins at higher risk of pressure injury,” *Biol. Rev. Camb. Philos. Soc.*, jrg. 97, nr. 3, p. 874–895, jun 2022, ISSN: 1469-185X. DOI: 10.1111/brv.12827. eprint: 34913582.
- [25] M. Fitzgerald en E. Jennings, „The postnatal development of spinal sensory processing,” *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.*, jrg. 96, nr. 14, p. 7719–7722, jul 1999. DOI: 10.1073/pnas.96.14.7719.
- [26] M. Fitzgerald, „What do we really know about newborn infant pain?” *Exp. Physiol.*, jrg. 100, nr. 12, p. 1451–1457, dec 2015, ISSN: 0958-0670. DOI: 10.1113/EP085134.
- [27] Energy and Heat Balance | Anatomy and Physiology II, [Online; accessed 24. Jun. 2023], jun 2023. adres: <https://courses.lumenlearning.com/suny-ap2/chapter/energy-and-heat-balance>.
- [28] D. Giancoli, *Physics for scientists and engineers with modern physics*. (9780131495081), 4de ed. Prentice Hall, 2007.
- [29] T. Blinman en R. Cook, „Allometric Prediction of Energy Expenditure in Infants and Children,” *Infant, Child & Adolescent Nutrition*, jrg. 3, nr. 4, p. 216, aug 2011. DOI: 10.1177/1941406411414416.
- [30] I. Medicine e.a., *Dietary Reference Intakes for Energy, Carbohydrate, Fiber, Fat, Fatty Acids, Cholesterol, Protein, and Amino Acids (Dietary reference intakes)*. National Academies Press, 2005, ISBN: 9780309085250. adres: <https://books.google.nl/books?id=1n53FjqW9goC>.

- [31] S. V. Stan, D. Grathwohl, L. M. O'Neill, J. M. Saavedra, N. F. Butte en S. S. Cohen, „Estimated Energy Requirements of Infants and Young Children up to 24 Months of Age,” *Curr. Dev. Nutr.*, jrg. 5, nr. 11, nzab122, nov 2021, ISSN: 2475-2991. DOI: 10.1093/cdn/nzab122.
- [32] P. A. Janssen, P. Thiessen, M. C. Klein, M. F. Whitfield, Y. C. MacNab en S. C. Cullis-Kuhl, „Standards for the measurement of birth weight, length and head circumference at term in neonates of European, Chinese and South Asian ancestry,” *Open Medicine*, jrg. 1, nr. 2, e74, 2007. adres: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2802014>.
- [33] WAT IS HET BELANG VAN WATER IN HET MENSELIJK LICHAAM? [Online; accessed 22. May 2023], jul 2008. adres: <https://www.isostar.nl/blog/wat-is-het-belang-van-water-in-het-menselijk-lichaam>.
- [34] R. B. Bird, W. E. Stewart en E. N. Lightfoot, *Transport Phenomena, Volume 1*. Chichester, England, UK: Wiley, dec 2006, ISBN: 978-0-47011539-8. adres: https://books.google.nl/books/about/Transport_Phenomena.html?id=L5FnN1IaGfcC&redir_esc=y.
- [35] N. D. P. Bluhm, O. S. Hoilett, B. D. Walters, A. S. Pickering, S. L. Bucher en J. C. Linnés, „NeoWarm: Kangaroo Mother Care with Continuous Temperature Tracking and Heating,” *Annu. Int. Conf. IEEE Eng. Med. Biol. Soc.*, jrg. 2020, p. 4514–4517, jul 2020, ISSN: 2694-0604. DOI: 10.1109/EMBC44109.2020.9176509. eprint: 33018997.
- [36] J. P. Abraham, M. P. Hennessey en W. J. Minkowycz, „A simple algebraic model to predict burn depth and injury,” *Int. Commun. Heat Mass Transfer*, jrg. 38, nr. 9, p. 1169–1171, nov 2011, ISSN: 0735-1933. DOI: 10.1016/j.icheatmasstransfer.2011.07.004.
- [37] Solids, Liquids and Gases - Thermal Conductivities, [Online; accessed 2. Jun. 2023], mrt 2023. adres: https://www.engineeringtoolbox.com/thermal-conductivity-d_429.html.
- [38] Specific Heat of common Substances, [Online; accessed 2. Jun. 2023], mrt 2023. adres: https://www.engineeringtoolbox.com/specific-heat-capacity-d_391.html.
- [39] Natriumacetaat trihydraat, EMSURE® ACS, ISO, Reag. Ph. Eur. for analysis, Supelco®, [Online; accessed 26. Jun. 2023], jun 2023. adres: <https://nl.vwr.com/store/product/2346571/natriumacetaat-trihydraat-emsure-acs-iso-reag-ph-eur-for-analysis-supelco>.
- [40] A. M. Fic, D. B. Ingham, M. K. Ginalski, A. J. Nowak en L. C. Wrobel, „Modelling and optimisation of the operation of a radiant warmer,” *Med. Eng. Phys.*, jrg. 36, nr. 1, p. 81–87, jan 2014, ISSN: 1873-4030. DOI: 10.1016/j.medengphy.2013.10.003. eprint: 24183644.
- [41] [Online; accessed 15. Jun. 2023], jan 2019. adres: <https://cdn.nimbu.io/s/4tn7vz5/assets/3.120Isolatiematerialen20algemeen.pdf>.
- [42] Lambda-waarde van alle materialen | Energietips | Lambda, [Online; accessed 15. Jun. 2023], jun 2023. adres: <https://www.lambda.be/nl/energietips/lambda-waarde-van-alle-materialen>.
- [43] warmtecapaciteit, soortelijke warmte, soortelijke warmtecapaciteit, massawarmte, [Online; accessed 15. Jun. 2023], jun 2023. adres: <https://www.joostdevree.nl/shtmls/warmtecapaciteit.shtml>.
- [44] Solids, Liquids and Gases - Thermal Conductivities, [Online; accessed 15. Jun. 2023], jun 2023. adres: https://www.engineeringtoolbox.com/thermal-conductivity-d_429.html.
- [45] G. Wang e.a., „Review on sodium acetate trihydrate in flexible thermal energy storages: Properties, challenges and applications,” *J. Energy Storage*, jrg. 40, p. 102780, aug 2021, ISSN: 2352-152X. DOI: 10.1016/j.est.2021.102780.

Bijlagen

Bijlage 1: Interview kraamverpleegkundige Deventer ziekenhuis (04-05-2023)

Op 2 verschillende ochtenden hebben óf Susan en Amber óf Madelon en Fenna meegelopen op de kraamafdeling in het Deventer ziekenhuis. Beide hebben we met een andere verpleegkundige meegelopen. Hier konden wij een goed beeld krijgen van hoe de kruiken bij de pasgeborenen in bed gelegd worden. Ook zijn er een aantal andere vragen gesteld met betrekking tot het gebruik van de kruiken.

Op veel vragen werden door beide verpleegkundige dezelfde antwoorden gegeven. Deze zijn dan ook samen verwerkt tot 1 antwoord. Waar de antwoorden verschilden, hebben we deze apart van elkaar genoteerd;

- Hoe vaak wordt de temperatuur gecontroleerd bij pasgeborenen?

In de eerste 24 uur wordt de temperatuur om de 3 uur gecontroleerd. Daarna zal dit 2 keer per dag gebeuren. Alle temperatuurmetingen worden rectaal gedaan.

- Wat is de ervaring met niet op temperatuur krijgen?

Er is hier geen protocol voor, er wordt gekeken naar de situatie en de baby maar dit is niet gestandaardiseerd en is vrij subjectief. Ik leg bij baby's van minder dan 37°C een kruik in hun bedje. Dunne baby's krijgen sneller een kruik en ook als het nacht wordt krijgen baby's sneller een (extra) kruik. Er worden 1, 2 of 3 kruiken bij de baby in bed gelegd. Bij $36,5^{\circ}\text{C}$ eigenlijk 3 kruiken als het een dunne baby is die de nacht in gaat. Zodra de baby opwarmt en boven 37°C komt worden de kruiken een voor een uit het bedje gehaald. Het ligt er ook aan wat voor kleertjes de baby aan heeft, hoeveel kruiken er gebruik worden. Synthetisch materiaal laat namelijk niet goed warmte door terwijl katoen dit veel beter doet.

- Oververhitting, komt dat voor?

Als de baby rond $37,3\text{-}37,4^{\circ}\text{C}$ is wordt de laatste kruik uit het bed gehaald. We zien dus niet echt oververhitting door de kruiken.

- Hoe gaat transitie van wiegje naar huid op huid?

Als moeders te koud zijn wordt de baby niet bij de moeder gelegd. Het is hier dus ook weer afhankelijk van de situatie. Op het moment dat het kind wordt aangekleed of uitgekleed hiervoor, zetten we de warmtelamp boven het kind aan.

- Worden de kruiken standaard bij iedere baby gebruikt?

Verpleegkundige 1: Nee, alleen bij baby's die afkoelen en rond de $36,5^{\circ}\text{C}$ zijn of lager. Bij lager dan $36,5^{\circ}\text{C}$ of rond 36°C kan in plaats van de kruiken de warmtelamp toegepast worden. Dan stellen we de lamp in op 10 mW/cm^2 . Vervolgens leggen we de baby in het bedje onder de lamp en dan warmt de baby heel snel op.

Verpleegkundige 2: Eigenlijk wordt na de geboorte altijd direct een kruik bij de baby in bed gelegd. In de praktijk merken we dat de baby net na geboorte koud is omdat ze bijvoorbeeld bij een van de ouders heeft gelegen, nog vochtig is, of uit een koude operatiekamer komt. Afhankelijk van de grootte, kleding en temperatuur van de baby wordt bepaald hoe veel kruiken we bij in leggen.

- Wordt het vlak na de geboorte ingezet?

Ja, tijdens de bevalling leggen we kruikjes op de verschoontafel op de kleertjes zodat daar een warme ondergrond is en de kleertjes die ze aankrijgen warm zijn. Die halen we eraf als het kind geboren is en kleden haar na huid op huid met vader of moeder aan. Dan leggen we het kindje in bed met het kruikje erbij

- Op basis waarvan ga je een kruik bij de baby inleggen?

Dit gebeurt als bij rectale temperatuurmetingen blijkt dat de temperatuur van de baby lager is dan 37°C. De eerste 24 uur wordt de baby elke 3 uur getemperatuurde, daarna 2 keer per dag.

- Is er consistentie in hoe de kruik in het bedje wordt gelegd?

Verpleegkundige 1: Ja, eerste kruik altijd bij de voetjes, horizontaal met de knoop naar boven gericht. Verder ligt er een deken over de baby heen. De kruik komt op deze deken te liggen en daarover komt nog een deken te liggen.

Verpleegkundige 2: We leggen eigenlijk altijd de kruiken verticaal, parallel aan het lichaam van het kindje in bed. De derde kruik kan nog bij de voetjes worden gelegd. Dit ligt er ook wel aan in wat voor bedje het kind ligt en hoe het past. Als het kindje bijvoorbeeld op de zij ligt, wordt er vaak gekozen om de kruik aan de kant van het rugje te leggen.

- Wordt het protocol, 'kind erin, kruik eruit' hier toegepast?

We houden dus de kruiken wel bij de baby in bed. We gebruiken wel eerst kruiken om het bedje op te warmen voordat we het kind erin leggen. Dan leggen we de kruikjes ernaast.

- Hoe worden de ouder geïnstrueerd?

Verpleegkundige 1: Dit doet de kraamzorg thuis. Thuis worden namelijk andere kruiken gebruikt dan in het ziekenhuis, dus het ziekenhuis geeft hier geen advies over.

Verpleegkundige 2: Ik geef ouders vaak wel advies over het warmhouden van het kind. Ik vraag ook naar welke kruiken ze plannen te gebruiken en hoe je die bijvoorbeeld het beste kunt neerleggen.

- Op basis waarvan wordt gebaseerd wanneer de kruik verwisseld wordt?

Dit gebeurt om de 3 uur. De kruiken blijven redelijk lang warm, maar ze hebben een soort routine. Om de 3 tot 4 uur krijgt de baby eten en dan verwisselen ze ook meteen de kruik.

- Hoe bepaal je of een kruik warm genoeg is?

Dit gebeurt op gevoel. Eerder zaten er nog een soort warmtestickers op de kruiken, maar deze zijn ondertussen vervaagd. Ook hebben we een keer een methode geprobeerd waarbij we in een bepaalde volgorde de kruiken werden gepakt en teruggelegd, maar dat werkte logistiek niet goed. Nu voelen we gewoon welke de warmste is. Op basis van het gevoel van warmte wordt ook bepaald hoe dicht we de kruik bij de baby leggen.

- Heeft u ervaringen met brandwonden bij pasgeborenen als gevolg van het gebruik van een kruik?

Nee ik heb hier geen ervaring mee. Ik zie wel soms een rood plekje maar dan weet ik niet of dit van de kruik komt.

- En ooit gehoord dat dit in een thuissituatie is gebeurd?

In thuissituatie kan het zijn dat de mensen niet goed geïnstrueerd worden over hoe de kruiken te gebruiken en dat het daarom fout gaat. Bijvoorbeeld geen dekentje tussen de kruik en de baby.

- Waar lopen jullie in het algemeen tegenaan met het gebruik van de kruiken?

We lopen eigenlijk nergens tegenaan. We gebruiken de kruiken al heel lang en het werkt goed om baby's warm te krijgen.

- Zijn er andere manieren die jullie al geprobeerd hebben of gebruiken?

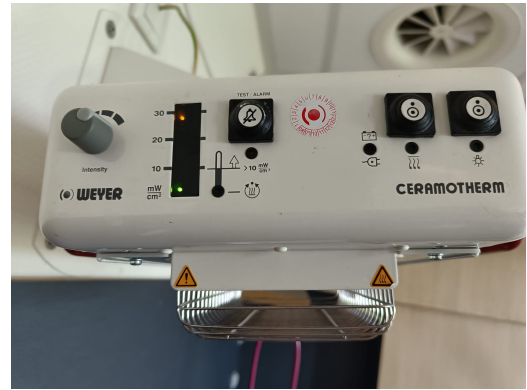
Ja, er zijn dus ook hitte lampen aanwezig. Deze zorgen ervoor dat de baby snel opwarmt als deze erg koud is, dus onder de 36°C (zie figuur 6.1).

- Wat zijn de wensen?

De krukken werken eigenlijk goed nu. Als er iets nieuws moet komen moet het wel makkelijk in gebruik zijn, dus het moet niet te veel tijd in beslag nemen en ook thuis te gebruiken zijn.

- Heeft u zelf al ideeën over verbetering?

Nee



Figuur 6.1: Bedieningspaneel van de warmtelamp in het Deventer ziekenhuis op de kraamafdeling.

Bijlage 2: Interview met verpleegkundige neonatologie in het Deventer ziekenhuis (04-05-2023)

In de middag hebben Susan en Amber meegekeken bij de neonatologie in het Deventer ziekenhuis. Hierbij hebben we een aantal vragen gesteld aan een aanwezige verpleegkundige over methoden die hier gebruik worden om te vroeg geborene warm te houden:

- Hoe maken jullie hier op de neonatologie gebruik van de kruiken?

Hier maken we eigenlijk alleen gebruik van de kruiken als overgang naar de thuissituatie. Zo leren ouders ook hoe en hoeveel ze met kruiken kunnen werken.

- Op welke manier leggen jullie de kruiken in het bed bij de pasgeborene?

We wikkelen de kruik in een hydrofiele doek en dan leggen we deze met de knoop naar de baby toe in het bedje. Tussen de kruik en de baby zit nog een dekentjes en over de kruik komt ook nog een dekentje te liggen. Verder verwisselen we de kruiken om de 3 uur.

- Met welke methoden werken jullie om pasgeborene warm te houden?

Wij werken met een warmtebedje. Dit is een wiegje waar zich een gelmatras in bevindt met een metalen plaat erin. Deze kan opgewarmd worden naar een gewenste temperatuur, meestal rond de 37°C , en zo wordt de baby constant verwarmd en warmgehouden. Verder kan er nog een warmtelamp boven de pasgeborene worden geplaatst (zie figuur 6.2).

- Hoe werkt deze warmtelamp precies?

De warmtelamp kan over het bedje heen geplaatst worden op 68 cm van het matras. Deze kan ingesteld worden op 'streepjes' en percentages, de exacte temperatuur is niet bekend. Hierbij wordt aangehouden dat een streepje gelijk is aan een kruik. Meestal zetten we deze op één of twee streepjes (zie figuur 6.3).

- Wanneer maken jullie gebruik van een couveuse?

In een couveuse wordt de luchtvochtigheid en temperatuur gereguleerd. Prematuren liggen in ieder geval tot en met 34 weken in de couveuse. Hierna wordt eerste de luchtvochtigheid en vervolgens de temperatuur afgebouwd. Daarna wordt de baby in een wieg gelegd met zo nodig dubbele deken en dubbel mutsje. Als de baby niet voldoende op temperatuur blijft kan een warmtebed, warmtekap of kruiken ingezet worden.

- Is er bij iedere pasgeborene eenzelfde routine?

Zowel voor het warmtebedje, de warmtelamp en de kruiken geldt dat het zoeken is naar de juiste instelling.

Op basis van de temperatuurverandering van het kind wordt de warmtebron ingesteld. Temperatuur van de baby van 36.7°C en 37.3°C wordt hierbij aangehouden.



Figuur 6.2: Warmtelamp in het Deventer ziekenhuis.



Figuur 6.3: Warmtelamp in Deventer Ziekenhuis bedieningspaneel.

- Hebben jullie buiten deze producten nog andere producten op de afdeling, of in het verleden gehad, om de baby warm te houden?

We hebben net een verwijderbaar gelmatrasje op de afdeling op proef gehad (zie figuur 6.4). Dit beviel nu niet omdat het moeilijk schoon te maken is. Ook is het moeilijk met instoppen vanwege de zware stevige metalen plaat. Een nadeel van een warmtebron van ongeveer 37°C dicht bij het kind is dat het de fysiologie beïnvloedt.



Figuur 6.4: Warmtematras als pilot in het Deventer ziekenhuis.

- Zou zo'n matrasje een oplossing voor thuis kunnen zijn in de toekomst?

Ik denk het niet. Ouders moeten namelijk zelf de temperatuur instellen. Als ze dit te hoog doen dan kan het zijn dat de temperatuur van de baby ook oploopt. Het kan zijn dat er verdenking op infectie ontstaat, terwijl dit niet zo is. Dit is niet wenselijk met betrekking tot ziekenhuisbezoek en medicatietoediening.

- Hoe zou u de ongelukken die er nu ontstaan met het gebruik van de kruiken kunnen verklaren?

Ik verwacht dat brandwonden ontstaan bij verkeerd gebruik van de kruiken, bijvoorbeeld in de nacht wanneer ouders minder alert zijn.

- Heeft u een idee voor een oplossing van dit probleem?

Niet echt. De warmtelampen zijn te duur en onhandig om thuis te gebruiken en ook het matrasje zal niet werken. Ouders moeten dit namelijk zelf instellen. Het zou mooi zijn als er een oplossing komt waardoor de baby zich niet meer kan verbranden aan de kruik.

Bijlage 3: Interview met verpleegkundige in het MST op de moeder kind afdeling (26-05-2023)

In de ochtend zijn Madelon en Amber naar het MST in Enschede geweest om te kijken en te informeren hoe hier met de kruiken gewerkt wordt. Hierbij hebben we vragen gesteld aan een kraamverpleegkundige over het gebruik van de kruiken in het MST:

- Hoe gebruiken jullie kruiken op dit moment hier in het MST?

Als baby's geboren worden verwarmen we het bedje voor met een kruik. Ook zorgen we ervoor dat de kleren goed voorverwarmd zijn. Als we het kind dan in bed leggen temperaturen we in de eerste 48 uur de baby om de 3 uur. Blijkt het dat de baby te koud is dan leggen we 2 kruiken bij de baby in bed. We doen de kruiken altijd in een kruikenzak. Vervolgens leggen we de kruiken in een V-vorm rondom de baby. We leggen ze altijd op de deken, waardoor er dus een deken tussen de baby en de kruikenhoes zit, en daaroverheen doen we nog één of twee dekens. We zorgen er altijd voor dat de dop van de kruik naar beneden gericht is. Als de baby warmer dan 37°C is dan nemen we één kruik weg en als de baby dan nog warmer is dan 37°C nemen we de andere kruik ook weg.

- Hebben jullie ook situaties meegemaakt waar het fout is gegaan?

Ja we hebben wel vaker brandwonden gezien door het gebruik van de kruiken. Dit gebeurt meestal omdat ouders toch fouten maken in hoe ze de kruiken in bed leggen. In dit ziekenhuis hebben we daar ook verschillende VIM meldingen van. We benoemen duidelijk dat de kruiken het bedje voorverwarmen en dat ze daarna de kruiken uit het bedje moeten halen als de baby in het bedje gaat. Soms gebeurt het toch dat ouders, of ander bezoek, het kind samen met de kruiken in het bedje legt en daarbij zijn ook wel een brandwonden ontstaan. We hebben nu foto's in de kamers hangen waar ook op te zien is dat de kruiken tussen de dekens geplaatst moet worden als je deze bij het kind in het bedje legt (zie figuur 6.5).



Figuur 6.5: Instructieafbeeldingen op de muur.

- Vanuit de fabrikant hoorden wij dat jullie op iedere kamer een eigen kruikenmoeder hebben met een temperatuur display. Hoe ziet dit eruit en wat is de temperatuur waar die op staat?

Ik zal het jullie laten zien. De temperatuur staat altijd rond de 65°C. Er kunnen 6 kruiken in een kruikenmoeder en hier op de display is ook te zien als er onderhoud van de kruikenmoeder nodig is (zie figuur 6.6). We hebben deze al even en wij zijn zelf op dit moment eigenlijk op zoek naar een nieuwe methode.



Figuur 6.6: Kruikenmoeder op de gezinskamer in het MST Enschede.

- Hebben jullie al ideeën of testen gedaan met nieuwe manieren om een baby warm te houden?

Ja, we hebben net een warmtematrasje op testfase gehad. Deze bevielen ons erg goed en we zijn aan het kijken naar aanschafmogelijkheden hiervan. Deze zijn echter redelijk duur en daarom echt een investering voor het ziekenhuis. Daarom zou het ook niet een oplossing voor thuis zijn. Voor het ziekenhuis werkte het heel goed en ze zijn ook veiliger in gebruik.

- Wat zijn volgens u problemen bij ouders bij het gebruik van de kruik?

Ik hoor toch ook veel ouders die de elektrisch kruiken gebruiken. Deze zijn ook alleen voor het voorverwarmen van het bedje en dus niet voldoende als een kind echte opwarming nodig heeft. Het probleem van de roestvrijstalen kruiken is dat ze ook kunnen gaan lekken. Maar het is misschien ook handig voor jullie om in gesprek te gaan met een kraamhulporganisatie. Deze mensen hebben vaak een beter beeld van hoe de kruiken thuis gebruikt worden en zij hebben daar ook bepaalde adviezen over. Verder denk ik dat ouders vooral de kruiken onderschatten. Als je de kruik in een kruikenhoes doet dan voelt het voor ons lekker warm aan. Als je dan zoiets tegen je baby aan legt dan kan het gaan verbranden, terwijl ouders zichzelf er niet bewust van zijn en het alleen goed bedoelen.

- Jullie gaven net aan dat jullie hier kruikenzakken hebben, gebruiken jullie geen hydrofiele doeken?

Nee, de kruikenzak is eigenlijk al dikker dan een hydrofiele doek. We stoppen de kruik hierin en dan binden we de zak dicht. We zorgen er dan voor dat de kruik altijd met de dop naar beneden ligt, dus dat ligt er net aan hoe je de kruik in de kruikenzak stopt of dat ook met de strik naar beneden is. We instrueren ouders echt heel duidelijk over het gebruik van de kruiken maar het is echt blijven opletten. Fouten worden snel gemaakt, ook door bijvoorbeeld bezoek, en dus is het altijd goed om het te blijven benoemen.

- Wordt het gebruik van kruiken hier consistent gedaan?

Ja, maar er mist een precies protocol over wanneer de kruik in het bed moet worden geplaatst of wanneer die eruit gehaald wordt. Het is de taak van de verpleegkundige om de temperatuur in de gaten te houden en als je merkt dat de baby te warm wordt dan haal je een kruik weg. Verder leggen we wel allemaal op dezelfde manier de kruik in het bedje. De plaatjes die op de kamers staan die kunnen ook door verpleegkundige als spiekblaadje gebruikt worden. Daarnaast zorgen we er ook voor dat er altijd één handbreedte afstand is tussen de kruik en de baby. Verder werken we in eerste instantie altijd met mutsjes en extra dekens. Dus als de baby boven de 37°C is halen we eerste de kruiken weg. Blijft de baby dan nog te warm, dan pas gaan we een dekentje weghalen en op het laatst een mutsje.

- Maken jullie ook gebruik van de 'kruik eruit, baby erin' methode, zoals ook op de kruikenmoeder aangegeven is?

Ja, we verwarmen altijd het bedje voor met een kruik. Als we bijvoorbeeld een baby wassen dan draaien we de kleertjes om de kruik heen en dan leggen we de kruik in het bedje. Vervolgens doen we de baby de warme kleertjes aan en komt de baby in het voorverwarmde bedje te liggen. We laten dan kruiken dan wel nog, op een deken, bij de baby in bed liggen, dus het is niet echt de methode zoals de fabrikant het aangeeft. Wij denken zelf dat het zorgen voor een warme omgeving en warme kleertjes het meeste werk doet. Alleen door de kruiken bij de baby in bed op een dekentje te laten liggen hopen dat de baby die warmte ook vasthoudt.

Bijlage 4: Interview met commercieel directeur bij Dörr Kampen, fabrikant van de kruikenmoeder (10-05-2023)

De kruiken en kruikenmoeders die in het ziekenhuis gebruikt worden zijn afkomstig van de fabrikant Dörr Kampen. De commercieel directeur van dit bedrijf, hebben we een aantal vragen gesteld over de kruiken(moeders) en het onderzoek hiernaar.

- Is er onderzoek geweest naar hoe de kruiken baby's warmhouden?

In 1924 en 1925 was er een technicus in het stads- en streekziekenhuis Groningen die samen met zusters destijds kruiken ging opwarmen met warm water. Hij was degene die destijds ook de kruikenmoeder heeft ontwikkeld. Deze kruikenmoeder is voor het eerst neergezet in 1926 in Groningen. Destijds was het een ketel met warm water erin. Hier maakte hij een verwarmingselement en thermostaat in om het heet te laten worden. De temperatuur hiervan kan natuurlijk worden ingesteld en destijds waren ze op 80 graden. Ze hebben ook met verschillende vullingen van de kruiken geëxperimenteerd. Zo hebben ze de kruiken gevuld met onder andere zand, olie en water. Dat heeft allemaal z'n voordelen, maar uiteindelijk zijn ze uitgekomen op een natriumconcentraat. Ze hebben een zoutlegering gemaakt met waterstof bij elkaar.

Wij zijn de enige in Nederland, en waarschijnlijk in de wereld, die kruikenmoeders bouwen. Het is een hele kleine wereld en je kunt er niet van leven. Als wij 20 tot 25 kruikenmoeders op jaarbasis verkopen dan is dat veel.

Wij zijn een apparatenbouwer, dus wij kijken meer naar hoe kunnen we efficiënt een apparaat bouwen naar de wens van de klant. Het is een algemeen gegeven dat baby's die zichzelf niet warm kunnen houden een verwarming nodig hebben. Toen zijn ze erop uitgekomen om er een waterkruik bij te leggen of een kruik van ons. De kruik van ons wordt uit de kruikenmoeder gehaald en wordt tegen het kind aangelegd. Dat houdt het kind warm. Dat is de meest simpele methode om het kind warm te houden. Wij zijn monopolisten op het gebied van kruikenmoeders en deze kruiken. Wij zijn geen monopolisten op het gebied van bedverwarming. Er zijn legio methoden om het bedje warm te krijgen, een elektrische deken, een kersenpitzak een infraroodlamp, noem het maar op. Maar wij hebben dus de kruiken moeder.

Maar of wij nu een test hebben gedaan van houden wij het kind echt warm met onze bedkruiken, nee. Uit ervaring weten we dat het werkt, maar er hangen geen meetgegevens aan vast.

- Hoe is de temperatuur van 70°C tot stand gekomen?

Dat is gebaseerd op onderzoek naar hoe zich de zoutlegering het beste verhoudt en wanneer deze de optimale warmte geeft. Vroeger kochten we zelf een zak zout, dat stookten we op, want als je het warm maakt dan wordt het vloeibaar en dan stopten we het in de kruik. We hadden echt een kookpitje met een grote ketel en daar een kraantje aan en daarmee vulde we de kruiken. Tegenwoordig hebben we daarvoor een bedrijf die dat voor ons doen. Wij maken wel nog steeds de kruiken, maar deze sturen we dan leeg naar het bedrijf toe en zij vullen de kruiken voor ons. Zij zijn ook gespecialiseerd in onderzoek naar efficiëntie tussen het zout en hitte.

- De temperatuur is dus puur gebaseerd op de zoutlegering en er is dus geen rekening gehouden met welke temperatuur de baby nodig heeft?

Nee dat klopt. De kruik wordt nu opgewarmd tot een kleine 70 graden. En dan kun je je afvragen of dat te heet is. Bij 50, 55 graden begint het al aan je vingers te branden, laat staan een babyhuidje. Wij worden, ik denk, 2 keer per jaar gebeld door een ziekenhuis met de melding van een verbranding. Dat vinden wij heel vervelend. Daarom hebben wij besloten om aan de binnenkant van de deur van de kruikenmoeder te zetten dat de kruik bedoeld is voor voorverwarming van het bedje. We adviseren dus niet meer de kruik samen met het kind in bed te leggen.

Ik heb eerder gezegd dat de kruikenmoeder al 100 jaar op de markt zijn. Op een gegeven moment zagen wij ook in het handboek van een verpleegster in opleiding hoe je de kruik uit de kruikenmoeder

in bed legt. Dus dat je het kind moest afschermen van de kruik en eventueel met een kruikenzak of een handdoek ertussen. Het duurt dan misschien langer om het kind op te warmen, maar het kind is wel veiliger. Tegenwoordig staat dit blijkbaar niet meer in het handboek. Verpleegkundige in opleiding krijgen niet meer mee hoe ze met een kruik moeten omgaan. En ja als iets niet omschreven worden dan hoeft het ook niet, denken ze tegenwoordig. Daar hebben we mee te maken, dat is heel spijtig.

- Heeft u een idee voor een oplossing van dit probleem?

Wat wij zelf in de kliniek hebben gezien is dat de verpleegkundige we bepaalde technieken hebben om de kruik veilig in bed te leggen met behulp van een hydrofiele doek en dekentjes ertussen. Wij kregen van verpleegkundige dan ook te horen dat er vaak problemen in de thuissituatie zijn bij het gebruik van de kruik. Heeft u daar meer over gehoord?

Maar dan zullen ze geen kruik van ons hebben, want daar hebben ze niets aan thuis. Je hebt echt een kruikenmoeder nodig om de kruik van ons op te warmen. In de magnetron of in de oven leggen dat werkt niet, want er zit een kunststof dop aan. Thuissituaties daar kan ik geen rekening mee houden, daar weet ik niks van.

- Is er onderzoek gedaan naar het “kind erin, kruik eruit” beleid, werkt dit wel?

Wij hebben daar voorverwarming van gemaakt omdat de verbrandingen willen voorkomen. Als de verpleegkundige niet het gezonde verstand hebben om na te denken dat een kruik van 70 graden te heet is voor babyhuid, dan moeten we vanuit de fabriek onze voorzorgsmaatregelen nemen. Daarom staat er nu dat de kruik dient ter voorverwarming en de kruik moet eruit als het kind erin gaat. Puur ons nu zelf in te dekken.

- Waarom heeft de kruikenmoeder geen temperatuursdisplay?

Er zijn twee soorten kruiken in de markt. Dit is de hele oude kruik en die is hermetisch afgesloten aan de top. Dit is echt een bom, als die te heet wordt dan ontploft die. Maar hier moet dan wel echt boven de 200 graden komen, maar het kan wel. Tegenwoordig hebben we een ander model. Die zijn qua diameter even groot. Deze is een kunststof blok die ook hermetisch is afgesloten. Hier zitten kleine puntjes rondom de hals. Deze puntjes zijn volgegoten met tin. Tin smelt bij 200 graden heb ik me laten vertellen. Als de kruikenmoeder en dus ook de kruik te heet wordt, dan smelt het tin en dan komt het zout eruit door de hoge druk.

We hebben ook een warmtesticker op de kruik. Hier kun je zien dat er ‘warm’ op staat. Als de kruik dan warm is dan licht het woord ‘warm’ felrood op. Dit is de indicatie die de verpleegkundige hebben of de kruik warm of koud is. Maar aan de kruikenmoeder zelf staat geen indicator hoe heet het water is in de kruikenmoeder. Je kunt je daarbij ook afvragen wat dat voor meerwaarde heeft. Dat vertelt je namelijk niet hoe heet de kruik zelf is. Dan zou je elke kruik apart moeten meten. Dan wordt de kruikenmoeder dusdanig duur, dan wordt die onverkooptbaar en dan zijn wij de handel kwijt.

- Werkt de kruikenmoeder door middel van water?

Het werkt heel elementair. Ik had het net over een roodkopere ketel. Tegenwoordig zijn de kruiken van RVS. Dat wordt ingebouwd in een RVS-kast. In die kast zit een verwarmingselement van 1000 Watt. Er zit een thermostaat in die de temperatuur bewaakt. Er zit een droogkook thermostaat in zodat die niet te heet wordt en er zit een aan uit knopje op. Als je hem installeert doe je water in de tank. Vervolgens zet je hem aan en dan wacht je een uur of 4, 5 en dan is de kast op temperatuur. Dan moeten de kruiken nog warm en een afgekoelde kruik wordt warm in ongeveer 4 uur. Dat is in principe de werking van de kruikenmoeder. Er zitten allemaal gaten in de kruikenmoeder waar de kruiken in geplaatst worden. Door contactwarmte wordt de kruik warm.

- Zijn jullie zelf nog opzoek naar innovaties van de kruikenmoeder?

Jullie zullen dit project wel voor de zomervakantie afgerond moeten hebben, maar eigenlijk zou het interessant zijn om een bezoek te brengen aan de medisch beurs, maar deze is pas in november. Die zit in Düsseldorf en daar zie je een hele wereld aan manieren voor kinderopwarming. Dat gaat heel ver en hier hangt echter een groot prijskaartje aan. De kruikenmoeder is een typisch Nederlands product wat redelijk goedkoop is, alleen zijn er ook wel een paar in België. Elk zichzelf respecterend ziekenhuis in Nederland heeft wel een kruikenmoeder, ook in het MST. In MST heeft iedere gezinskamer een eigen kruikenmoeder met 6 kruiken in het keukenblokje. Op deze kasten zit ook, op aanvraag van het MST, een indicator ver de temperatuur van de kruikenmoeder zelf. Mocht je daar nog een keer rondlopen, ga dan vooral kijken op zo'n gezinskamer.

Bijlage 5: Interview met ouder over kruikgebruik in de thuissituatie (09-06-2023)

Om ook een beeld te krijgen van hoe het gebruik van kruiken in de thuissituatie ervaren wordt, is er een interview uitgevoerd met een ouder die ervaring heeft met het gebruik van kruiken. De antwoorden zijn geparafraseerd of niet met exact het woordgebruik van de geïnterviewde opgeschreven, maar op basis van uitgebreide aantekeningen tijdens het gesprek in concrete antwoorden samengevoegd.

- Wat is jullie ervaring met kruiken? Waarom en hoelang moesten jullie ze gebruiken en hoe vonden jullie dat?

Onze dochter is een maand te vroeg geboren en was dus ook heel klein bij de geboorte. We hebben twee maanden lang kruikjes moeten gebruiken. En over het kruikgebruik zelf, je bent er constant mee bezig. Dag en nacht moet je elke 3 uur de kruiken vervangen. Dan is het ook nog eens een heel gedoe met water koken, ze in doeken wikkelen, in het bedje leggen enzovoorts. Mijn partner heeft zelfs een paar keer haar handen verbrand tijdens het verwisselen van de kruiken. Daarnaast is het voor een baby natuurlijk eigenlijk ook levensgevaarlijk. Enerzijds heb je het risico dat de kruik gaat lekken en je baby in aanraking komt met kokend water. Dit hebben wij gelukkig nooit gehad. Anderzijds loop je het risico op brandwonden als ze tegen de kruik aankomen.

- Hebben jullie wel eens een brandwond bij jullie dochter geconstateerd?

Ja, helaas wel. Het was de derde nacht dat we met haar thuis waren en tijdens het verschonen van de luier zag ik ineens een rode plek op haar knietje. We hebben gelijk de dokter gebeld en haar beentje onder stromend lauw water gehouden zoals je normaal ook een brandwond zou behandelen. De volgende ochtend was de plek gelukkig een heel stuk kleiner en uiteindelijk ging hij ook helemaal weg. Toch was het echt wel schrikken. Je bent zo voorzichtig, ze had een broek aan, er lag een dikke deken over haar heen (het was tenslotte december), en de kruik lag op die deken in een theedoek en handdoek gewikkeld. Het moet eigenlijk niet kunnen dat het dan alsnog mis gaat.



Figuur 6.7: Brandwond op knie van baby na gebruik heet water kruik.

- Op wat voor manier hebben jullie de kruiken gebruikt?

Wij hebben altijd heet-waterkruiken gebruikt. De eerste maand hebben we telkens twee kruiken gebruikt die we dan in L-vorm in haar wiegje legden. De tweede maand was er nog maar één kruikje nodig. Ook legden we vast een of twee kruikjes in haar bedje tijdens het voeden of verschonen, om deze vast voor te verwarmen. Dit deden we ook met de kinderwagen voor we naar buiten gingen. Ik denk dat de kruik er dan ongeveer een kwartiertje in lag.

- Door wie en hoe zijn jullie geïnstrueerd over het gebruik van de kruiken?

We zijn vooral door onze kraamhulp geïnstrueerd over hoe we de kruiken moesten gebruiken. In het ziekenhuis regelden de verpleegkundigen dat. De instructies van de kraamhulp waren duidelijk. De kruik helemaal tot de rand vullen met kokend water, het wikkelen in een doek en dan in bed leggen met de dop naar beneden en de knoop naar de baby toe. Ik kan me trouwens wel voorstellen dat in de eerste paar dagen of weken zo'n soort informatie niet helemaal binnenkomt. Bij mij waren de kruikjes wel duidelijk, maar ik had wel met andere dingen dat ik dat niet helemaal opsloeg.

Over wanneer we met hoeveel kruikjes of meer dekens of iets dergelijks moesten ingrijpen was iets minder duidelijkheid. In principe moesten we wanneer haar temperatuur onder de 36.5°C was, twee nieuwe kruiken in bed leggen, maar we hebben ook wel eens gehad dat ze nadat we dat gedaan hadden

ineens een temperatuur van 37.5°C had.

Iedereen zei over alles iets anders, over voeden, over slapen en dus ook over de kruikjes. Iedere kraamhulp had weer net een andere mening over wanneer er één of twee kruikjes of een extra deken of iets nodig was. Als nieuwe ouders is het allemaal al spannend genoeg, dus dan wil je voor sommige dingen gewoon een zwart wit antwoord.

- Had je het idee dat de kruikjes wel goed hun werk deden om de baby op te warmen?

Ja, dat wel, en soms dus zelfs te goed. Al heb je wel zoveel factoren die invloed hebben dat je je afvraagt welke van de dingen die je toevoegt nou wel of niet werken. Is het de omgevingstemperatuur, een extra dekentje, een slaapzak in plaats van deken, dikkere kleren of zijn het wel echt de kruikjes?

- Had je liever iets anders gebruikt dan de kruikjes, en zo ja, heb je een idee wat?

Ja, als er een alternatief was zonder al dat gedoe en zonder het enorme veiligheidsrisico, had ik dat graag gebruikt. Eigenlijk zou je iets willen dat de baby gelijkmatiger en met een grotere oppervlakte op zou kunnen warmen, zodat je geen ontzettend hete warmtebron naast je kind hoeft te leggen om maar een heel klein warmteverschil te genereren. De kruikjes zijn natuurlijk goedkoop en toegankelijk, maar misschien zou je iets geavanceerder op huurbasis kunnen bedenken?

Bijlage 6: Interview met praktijkbegeleider van Naviva kraamzorg (05-06-2023)

We hebben contact opgenomen met Naviva kraamzorg en een praktijkbegeleider van Naviva heeft onze vragen via de mail beantwoord.

- Hoe raden jullie ouders thuis aan om hun pasgeborene goed op temperatuur te houden?

Dit doen we allemaal op eenzelfde manier. Dit staat beschreven in een folder die de ouders krijgen en daarvan heb ik 2 foto's meegestuurd (zie figuur 6.8).



Verouwen als kraamvrouw

- ▼ De eerste 24 uur is helderrood bloedverlies normaal. Bel de verloskundige als twee of meer kraamverbanden per half uur doordrenkt zijn met bloed.
- ▼ Je kunt bloedstolsels verliezen zo groot als een vuist. Bel de verloskundige als je twee of meer vuistgrote stolsels verliest.
- ▼ Als je blaas leeg is, trek je baarmoeder makkelijker samen. Dit bevordert jouw herstel. Probeer daarom elke drie uur te plassen. Ook als je geen aandrang hebt. Bel met de verloskundige als je binnen zes uur na de bevalling nog niet hebt geplast.
- ▼ Plassen kan de eerste dagen nog wat moeilijk gaan of pijnlijk zijn. Kleine wondjes en haarscheurtjes in en rond de vagina kunnen een branderig gevoel geven bij het plassen. Tijdens en na het plassen spoelen met lauwwarm water uit maatbeker of bidon brengt verlichting.
- ▼ Naweeën kunnen de eerste dagen voorkomen, bijvoorbeeld tijdens de borstvoeding. Overleg met je arts of verloskundige of je paracetamol kunt gebruiken tegen de pijn.
- ▼ Eet regelmatig en drink minstens 2 liter per dag.
- ▼ Span je zo min mogelijk in en ga niet alleen onder de douche of naar het toilet.

Verouwen je baby

- ▼ Was goed je handen voor iedere verzorging van je kindje.
- ▼ Je baby poept en plast de eerste 24 uur vaak maar één keer. De ontlasting is zwart van kleur en lijkt op teer. Gebruik bilenzalf om de babyhuid te beschermen en plakpoep makkelijker schoon te maken.
- ▼ Bewaar de luiers voor de kraamverzorgende, zodat zij deze kan controleren.
- ▼ Er kan een oranje tot roze afscheiding in de luier zitten. Dit zijn uraten. Dit is een normaal verschijnsel.

▼ Bij meisjes kan wat bloed of wit slijm in de luier zitten. Dit is pseudo-menstruatie en wordt veroorzaakt door de hormonen van de moeder. Ook dit is een normaal verschijnsel.

▼ Je kindje kan bruin vocht opgeven /spugen. Het inslikken van vruchtwater en/of bloed kan hiervan de oorzaak zijn. Is je kindje erg misselijk? Leg het dan tijdelijk onder toezicht op de zij. Bel de verloskundige als je je zorgen maakt.

Temperatuur

Pasgeboren baby's kunnen zichzelf nog niet goed op temperatuur houden. Het is belangrijk dat je voor iedere voeding de temperatuur meet, tenzij de arts, verloskundige of kraamverzorgende anders adviseert. Meet de temperatuur rectaal (thermometer in de billen). De temperatuur moet tussen 36,5 °C en 37,5 °C zijn.

Noteer voedingstijden, aantal luiers en de temperatuur van je kindje als de kraamverzorgende er niet is.

Wat te doen bij...

38,0 °C of hoger – Mutsje af, verwijder kruik, verwijder 1 laag kleding, verlaag de kamertemperatuur indien mogelijk en bel met de verloskundige.

Hoger dan 37,5 °C – Mutsje af, verwijder kruik, na 1 uur opnieuw temperaturen

Tussen 37,0 °C – 37,5 °C – Mutsje op, 1 kruik met heet kraanwater.

Tussen 36,5 °C – 37,0 °C – Mutsje op, 1 kruik met kokend water.

Lager dan 36,5 °C – Mutsje op, huid-op-huidcontact, 1 kruik met kokend water + 1 kruik met heet kraanwater, na 1 uur opnieuw temperaturen, bel met de verloskundige als temperatuur niet stijgt.

Lager dan 36,0 °C – Mutsje op, huid-op-huidcontact of in bed met 2 kruiken met kokend water, bel met de verloskundige.

Kruik maken

De eerste tijd helpt een kruik je kindje op temperatuur te blijven. Het gebruik van een kruik is niet zonder risico's. Je kraamverzorgende leert je over veilig kruikgebruik in de kraamweek. Bekijk hiervoor ook de instructiefilmpjes die je van ons per mail hebt gekregen. Hierin zie je stap voor stap uitgelegd hoe je een kruik vult en vervolgens in het bedje plaatst. Het belangrijkste is dat je altijd controleert of de dop (inclusief rubberen plaatje) goed vast zit en de kruik niet lekt.

- ▼ Doe de kruik in een kruikenzak en knoop ook nog een hydrofiele doek om de kruik heen.
- ▼ Plaats de kruik altijd tussen twee dekens of lagen beddengoed of eventueel boven de deken als je maar één laag beddengoed gebruikt.
- ▼ Plaats de dop richting voeteneind.
- ▼ Plaats de knoop van de hydrofiele doek richting je kindje.
- ▼ Hou ongeveer een handbreedte afstand tussen de kruik en je kindje.
- ▼ Gebruik je twee kruiken? Plaats ze dan in L-vorm.
- ▼ Een kruik met gekookt water blijft ongeveer acht uur warm.
- ▼ Verwijder afgekoelde/koude kruiken uit bed, want die kunnen zorgen voor onderkoeling.

Veilig slapen

- ▼ Laat je kindje altijd slapen in een eigen bed, liefst op jouw slaapkamer
- ▼ Maak het bedje kort op, zodat de voetjes van de baby tegen het voeteneind aan liggen.
- ▼ Zorg voor ademend beddengoed en slaapmateriaal, dus geen plastic zeiltjes in bed. Een matrasbeschermer met ventilerende top laag worden tijdens de kraamtijd afgeraden zolang je een kruik in bed gebruikt.
- ▼ Zorg ervoor dat je kindje vrij kan ademen, dus geen knuffels of kussentjes in het bedje.
- ▼ Rook niet in huis, want dit verhoogt de kans op wiegendood.

Tip: Als het goed is, heb je van ons een mail met links naar instructiefilmpjes gekregen over o.a. temperaturen, kruikgebruik en voeding. Bekijk deze nog eens goed.

Borstvoeding

- ▼ Probeer je kindje vaak aan te leggen. In ieder geval elke drie uur, zodat de borstvoeding goed op gang kan komen. Let hierbij op voedingssignalen.
- ▼ Tip voor het aanleggen: lig met je kindje buik-tegen-buik en let er op dat je baby

Figuur 6.8: Informatiefolder die ouders ontvangen, met informatie over gebruik van kruiken.

- Als jullie daarbij gebruik maken van kruiken, welke kruiken raden jullie dan aan/gebruiken jullie?

Metalen kruiken worden aangeraden, maar gezinnen maken soms ook gebruik van elektrische kruiken.

- Verschaffen jullie ook kruiken aan ouders of is het aan hen zelf om dit te kopen?

Nee, wij verschaffen zelf geen kruiken.

- Hoe instrueren jullie de ouders bij het gebruik van kruiken?

Dit staat ook beschreven in een folder die de ouders krijgen, zichtbaar op de 2 foto's, (zie figuur 6.8). Verder gebruiken we de richtlijnen van het Kenniscentrum Kraamzorg (KCKZ).

- Hebben jullie ooit te maken gehad met brandwonden bij het gebruik van kruiken bij ouders thuis, zo ja op welke manier(en)?

Ja, door lekkende kruiken, niet goed sluitende doppen, slechte rubberen sluit ring/dop (uitgedroogd) en kruik te dicht bij de baby gelegd.

- Wat zien jullie thuis vaak gebruikt worden door ouders om hun baby warm te houden?

Metalen kruik of elektrische kruik (Zensy).

- Hebben jullie zelf ideeën voor een verbetering/oplossing hoe baby's warm gehouden kunnen worden zonder dat er brandwonden kunnen ontstaan?

We adviseren nu al een hydrofiele luier en kruikenzak om verbranding te voorkomen. Wollen deken/romper/mutsje zorgen echt voor minder kruikgebruik.

- Wat zijn volgens jullie belangrijke eisen waar een innovatie aan moet voldoen om thuis gebruikt te worden om baby's warm te houden?

Veiligheid en overdracht van voldoende en noodzakelijke warmte.

Bijlage 7: Tabel verbranding huid

Temperature at Surface	Duration of Exposure
44°C	6 hr
45°C	3 hr
47°C	25 min
48°C	15 min
49°C	9.5 min
51°C	4 min
53°C	1.5 min
55°C	0.5 min

Figuur 6.9: Temperatuur als functie van tijd voor verbranding van de volwassen huid [21].

Bijlage 8: Thermische materiaaleigenschappen

Tabel 6.1: Thermische materiaaleigenschappen [41–45]

Materiaal	Thermische geleidbaarheid ($W/(m \cdot K)$)	Soortelijke warmte ($kJ/(kg \cdot K)$)
Aluminium	200	0.88
Katoen	0.038	1.3
Siliconen	0.24	1.0 - 2.5
Rubber	0.13	1.47
Pluche (polyester)	0.05	1.47
Kurk	0.04 - 0.07	1.76
Lucht	0.025	0.71
Natriumacetaatoplossing	0.39 - 0.6	2.9 - 3.1
Pur	0.023 - 0.028	1.47
Water	0.60	4.187
PVC schuim	0.159	1.47

Bijlage 9: Meetprotocollen

Referentie metingen

Afkoelende kruik - In hydrofiele doek in bed

1. De heetwaterkruik wordt volledig gevuld met kokend water van 100°C.
2. Op de buitenkant van de kruik wordt een thermokoppel gemonteerd.
3. De heetwaterkruik wordt ingerold in de hydrofiele doek en geknoopt zoals in de kliniek.
4. Op de buitenkant van de hydrofiele doek wordt een thermokoppel gemonteerd.
5. De thermocamera wordt op de opstelling gericht en aangezet met de timelapse functie.
6. De ingepakte kruik wordt onder alle dekens in het babybedje gelegd. Vanaf dit moment start de meting op $t=0$.
7. Gedurende de eerste 10 minuten, zal iedere halve minuut de temperatuur van beide thermokoppels geregistreerd worden.
8. Gedurende de daaropvolgende 80 minuten zal iedere minuut de de temperatuur van beide thermokoppels geregistreerd worden.
9. Na totaal 90 minuten wordt de meting gestopt en de opstelling afgebouwd.

Afkoelende kruik - In hydrofiele doek

1. De heetwaterkruik wordt volledig gevuld met kokend water van 100°C.
2. Op de buitenkant van de kruik wordt een thermokoppel gemonteerd.
3. De heetwaterkruik wordt ingerold in de hydrofiele doek en geknoopt zoals in de kliniek.
4. Op de buitenkant van de hydrofiele doek wordt een thermokoppel gemonteerd.
5. De thermocamera wordt op de opstelling gericht en aangezet met de timelapse functie.
6. De ingepakte kruik wordt rechtop op tafel neergezet. Vanaf dit moment start de meting op $t=0$.
7. Gedurende de eerste 10 minuten, zal iedere halve minuut de temperatuur van beide thermokoppels geregistreerd worden.
8. Gedurende de daaropvolgende 80 minuten zal iedere minuut de de temperatuur van beide thermokoppels geregistreerd worden.
9. Na totaal 90 minuten wordt de meting gestopt en de opstelling afgebouwd.

Afkoelende kruik

1. De heetwaterkruik wordt volledig gevuld met kokend water van 100°C.
2. Op de buitenkant van de kruik wordt een thermokoppel gemonteerd.
3. De thermocamera wordt op de opstelling gericht en aangezet met de timelapse functie.
4. De kruik wordt rechtop op tafel neergezet. Vanaf dit moment start de meting op $t=0$.
5. Gedurende de eerste 10 minuten, zal iedere halve minuut de temperatuur van het thermokoppel geregistreerd worden.

6. Gedurende de daaropvolgende 80 minuten zal iedere minuut de de temperatuur van het thermokoppel geregistreerd worden.
7. Na totaal 90 minuten wordt de meting gestopt en de opstelling afgebouwd.

Afkoelende kruik - In bed

1. De heetwaterkruik wordt volledig gevuld met kokend water van 100°C.
2. Op de buitenkant van de kruik wordt een thermokoppel gemonteerd.
3. De thermocamera wordt op de opstelling gericht en aangezet met de timelapse functie.
4. De kruik wordt onder alle dekens in het babybedje gelegd. Vanaf dit moment start de meting en $t=0$.
5. Gedurende de eerste 10 minuten, zal iedere halve minuut de temperatuur van het thermokoppel geregistreerd worden.
6. Gedurende de daaropvolgende 80 minuten zal iedere minuut de de temperatuur van het thermokoppel geregistreerd worden.
7. Na totaal 90 minuten wordt de meting gestopt en de opstelling afgebouwd.

Afkoelende fles water (modelbaby)

1. De PET-fles wordt met water van 36,5°C volledig gevuld.
2. Een thermokoppel wordt, met behulp van een gaatje in de dop, in het midden van het water geplaatst.
3. Een thermokoppel wordt met tape op de buitenkant van de modelbaby gemonteerd.
4. De thermocamera wordt op de modelbaby gericht en aangezet met de timelapse functie.
5. De fles wordt rechtop op tafel gezet en de meting wordt gestart op $t=0$.
6. Gedurende de eerste 10 minuten, zal iedere halve minuut de temperatuur van het thermokoppel geregistreerd worden.
7. Gedurende de daaropvolgende 80 minuten zal iedere minuut de de temperatuur van het thermokoppel geregistreerd worden.
8. Na totaal 90 minuten wordt de meting gestopt en de opstelling afgebouwd.

Afkoelende fles water (fantom) - In babybed

1. De PET-fles wordt met water van 36,5°C volledig gevuld.
2. Een thermokoppel wordt, met behulp van een gaatje in de dop, in het midden van het water geplaatst.
3. Een thermokoppel wordt met tape op de buitenkant van de modelbaby gemonteerd.
4. De thermocamera wordt op de opstelling gericht en aangezet met de timelapse functie.
5. De modelbaby wordt onder alle dekens in het babybedje gelegd. Vanaf dit moment start de meting en $t=0$.
6. Gedurende de eerste 10 minuten, zal iedere halve minuut de temperatuur van het thermokoppel geregistreerd worden.
7. Gedurende de daaropvolgende 80 minuten zal iedere minuut de de temperatuur van het thermokoppel geregistreerd worden.
8. Na totaal 90 minuten wordt de meting gestopt en de opstelling afgebouwd.

Huidige situatie

'Kruik bij kind in bed' beleid

Onderstaand protocol is uitgevoerd met als variabele de plaats van de kruik(en) en/of het aantal kruiken. Deze meting is uitgevoerd voor één kruik bij de voeten, één kruik ernaast en twee kruiken ernaast.

1. De heetwaterkruik(en) wordt volledig gevuld met kokend water van 100°C.
2. De heetwaterkruik(en) wordt ingerold in de hydrofiele doek en geknoopt zoals in de kliniek.
3. De PET-fles wordt met water van 36,5°C volledig gevuld.
4. Een thermokoppel wordt, met behulp van een gaatje in de dop, in het midden van het water geplaatst.
5. Een thermokoppel wordt met tape op de buitenkant van de modelbaby gemonteerd.
6. De modelbaby wordt onder alle dekens in het babybedje gelegd zoals dat ook gedaan wordt in de kliniek.
7. De thermocamera wordt op de opstelling gericht en aangezet met de timelapse functie.
8. De heetwaterkruik(en) wordt tussen de de dekens met de knoop richting de modelbaby in het bed gelegd zoals in de kliniek, volgens de verschillende situaties. Op dit moment start de meting, $t=0$. Belangrijk hierbij is dat het thermokoppel op de buitenkant van de modelbaby zich zo dicht mogelijk bevindt bij een heetwaterkruik. Dit wordt namelijk naar benadering het warmste punt en is daarom het belangrijkste om te meten.
9. Gedurende de eerste 10 minuten, zal iedere halve minuut de temperatuur van beide thermokoppels geregistreerd worden.
10. Gedurende de daaropvolgende 170 minuten zal iedere minuut de de temperatuur van beide thermokoppels geregistreerd worden.
11. Na totaal 180 minuten wordt de meting gestopt en de opstelling afgebouwd.

'Kind erin, kruik eruit' beleid

Onderstaand protocol is uitgevoerd met als variabele de tijd dat het bedje voorverward wordt. Deze meting is uitgevoerd voor 10, 15, 20 en 30 minuten voorverwarmen.

1. De heetwaterkruik wordt volledig gevuld met kokend water van 100°C.
2. De heetwaterkruik wordt kaal, onder alle dekens zoals in de kliniek, in het babybedje gelegd.
3. In deze opstelling wordt het bed gedurende x aantal minuten voorverwarmd met een heetwaterkruik.
4. Ondertussen wordt de PET-fles met water van 36,5°C volledig gevuld.
5. Een thermokoppel wordt, met behulp van een gaatje in de dop, in het midden van het water geplaatst.
6. Een thermokoppel wordt met tape op de buitenkant van de modelbaby gemonteerd.
7. De thermocamera wordt op de opstelling gericht en aangezet met de timelapse functie.
8. Na de x aantal minuten, wordt de heetwaterkruik in het babybedje verwisseld door de modelbaby. Op dit moment start de meting op $t=0$. Belangrijk hierbij is, dat het thermokoppel zich op het oppervlak van het matras bevindt. Dit is namelijk naar beredenering het warmste punt en dus het belangrijkste om te meten.

9. Gedurende de eerste 10 minuten, zal iedere halve minuut de temperatuur van beide thermokoppels geregistreerd worden.
10. Gedurende de daaropvolgende 80 minuten zal iedere minuut de de temperatuur van beide thermokoppels geregistreerd worden.
11. Na totaal 90 minuten wordt de meting gestopt en de opstelling afgebouwd.

Metingen eigenschappen voor hoes om de kruik heen

Radiatiemetingen

Onderstaand protocol is uitgevoerd met als de afstand tussen de kale kruik en de modelbaby. Deze meting is uitgevoerd met een afstands tussen van 0, 3, 5 en 7 cm.

1. De heetwaterkruik wordt volledig gevuld met kokend water van 100°C.
2. De PET-fles wordt met water van 36,5°C volledig gevuld.
3. Een thermokoppel wordt, met behulp van een gaatje in de dop, in het midden van het water geplaatst.
4. Een thermokoppel wordt met tape op de buitenkant van de modelbaby gemonteerd.
5. De modelbaby wordt onder alle dekens in het babybedje gelegd zoals dat ook gedaan wordt in de kliniek.
6. De thermocamera wordt op de opstelling gericht en aangezet met de timelapse functie.
7. De heetwaterkruik wordt kaal op afstand x onder alle dekens naast de modelbaby in het babybed gelegd. Op dat moment start de meting en $t=0$.
8. Gedurende de eerste 10 minuten, zal iedere halve minuut de temperatuur van beide thermokoppels geregistreerd worden.
9. Gedurende de daaropvolgende 80 minuten zal iedere minuut de de temperatuur van beide thermokoppels geregistreerd worden.
10. Na totaal 90 minuten wordt de meting gestopt en de opstelling afgebouwd.

Conductiemetingen

Onderstaand protocol is uitgevoerd met als variabele de hoes om de kruik heen. Deze meting is uitgevoerd met een hoes van 4.5, 9 en 18 mm siliconen en een hoes van 3.3, 7.2 en 16 mm PVC schuim.

1. Op de heetwaterkruik word een hoes van x dikte van materiaal y gemonteerd met elastiek.
2. Op de buitenkant van materiaal z wordt een thermokoppel gemonteerd.
3. De heetwaterkruik met materiaal wordt rechtop op tafel neergezet.
4. De heetwaterkruik wordt volledig gevuld met kokend water van 100°C.
5. De thermocamera wordt op de opstelling gericht en aangezet met de timelapse functie.
6. De meting wordt gestart.
7. Gedurende de eerste 10 minuten, zal iedere halve minuut de temperatuur van beide thermokoppels geregistreerd worden.
8. Gedurende de daaropvolgende 80 minuten zal iedere minuut de de temperatuur van beide thermokoppels geregistreerd worden.

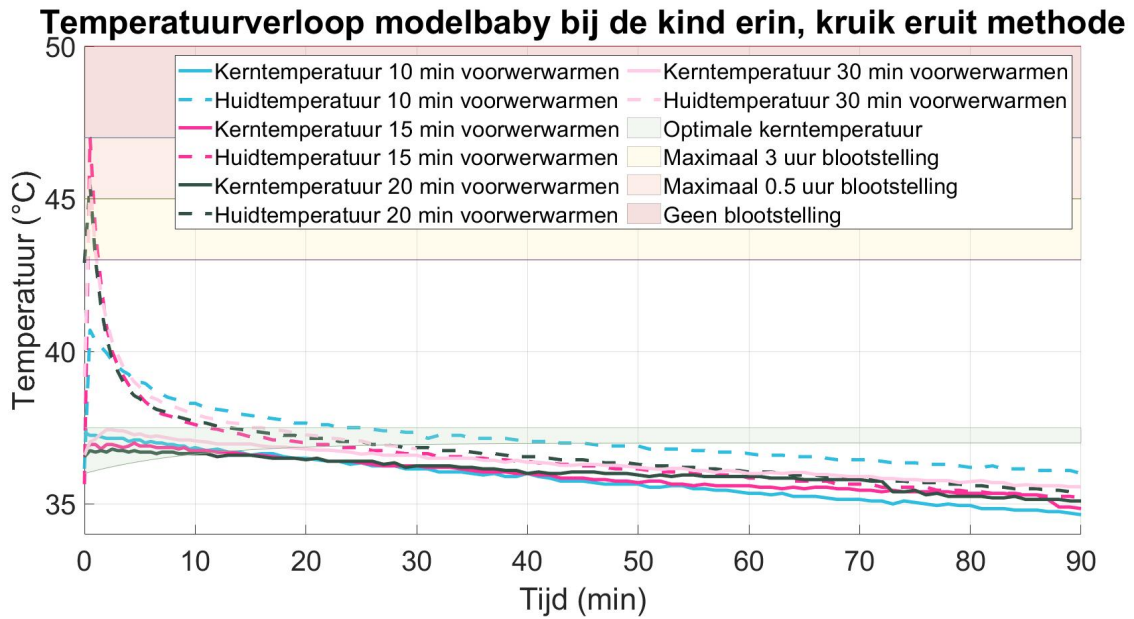
9. Na totaal 90 minuten wordt de meting gestopt en de opstelling afgebouwd.

Metingen met hoes in bed

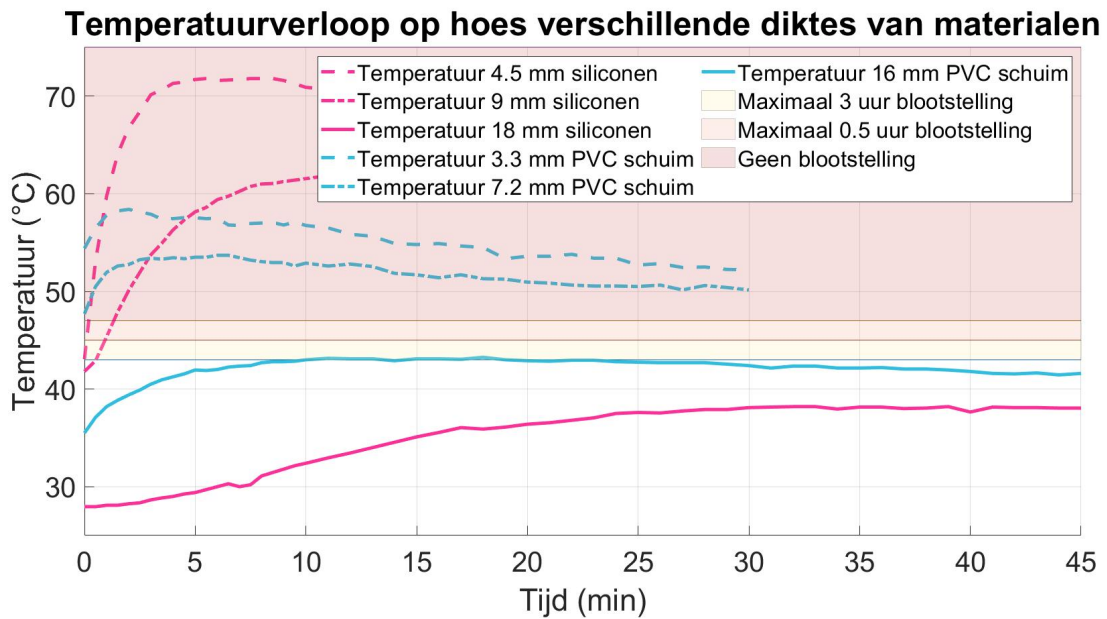
Onderstaand protocol is uitgevoerd met als variabele de hoes om de kruik heen. Deze meting is uitgevoerd met een hoes van 16 mm PVC schuim met kleine gaten en 16 mm PVC schuim met grote gaten.

1. Om de heetwaterkruik wordt een hoes van 16 mm PVC schuim met kleine/grote gaten geplaatst.
2. De heetwaterkruik wordt volledig gevuld met kokend water van 100°C.
3. De PET-fles wordt met water van 36,5°C volledig gevuld.
4. Een thermokoppel wordt, met behulp van een gaatje in de dop, in het midden van het water geplaatst.
5. Een thermokoppel wordt met tape op de buitenkant van de modelbaby gemonteerd.
6. De thermocamera wordt op de opstelling gericht en aangezet met de timelapse functie.
7. De modelbaby wordt onder alle dekens in het babybedje gelegd zoals dat ook gedaan wordt in de kliniek met de kruik met hoes tegen de modelbaby aan onder de dekens. Op dit moment start de meting, $t=0$. Belangrijk hierbij is dat het thermokoppel op de buitenkant van de modelbaby zich op het punt bevindt waar de hoes van de kruik tegen de modelbaby aanligt. Dit wordt namelijk naar benadering het warmste punt en is daarom het belangrijkste om te meten.
8. Gedurende de eerste 10 minuten, zal iedere halve minuut de temperatuur van beide thermokoppels geregistreerd worden.
9. Gedurende de daaropvolgende 80 minuten zal iedere minuut de de temperatuur van beide thermokoppels geregistreerd worden.
10. Na totaal 90 minuten wordt de meting gestopt en de opstelling afgebouwd.

Bijlage 10: Overige resultaten

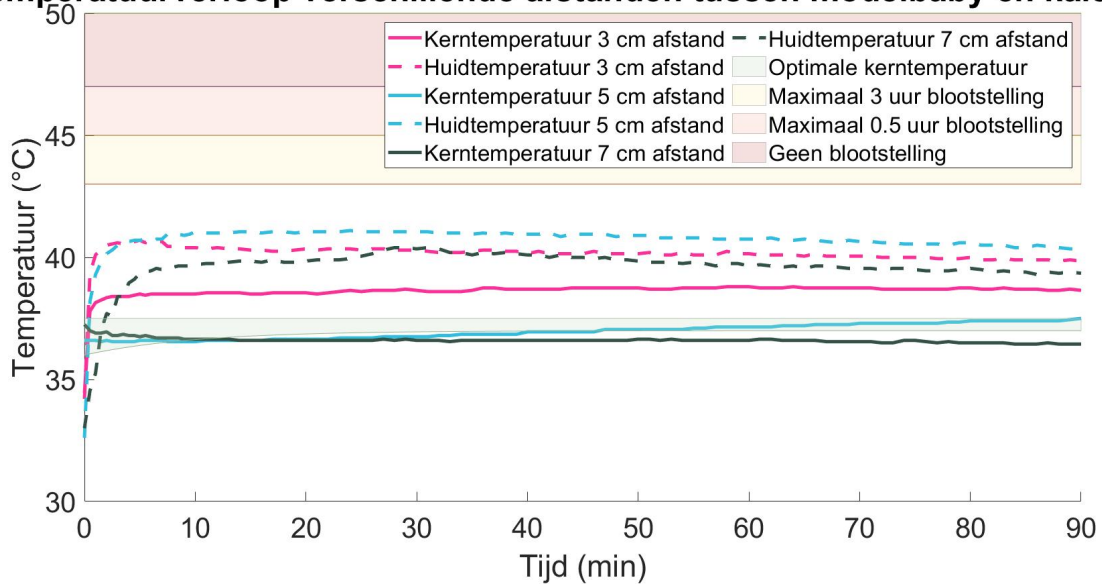


Figuur 6.10: Temperatuurverloop van de modelbaby bij het 'kind erin, kruik eruit' beleid bij 10, 15, 20 en 30 minuten voorverwarmen van het bed.

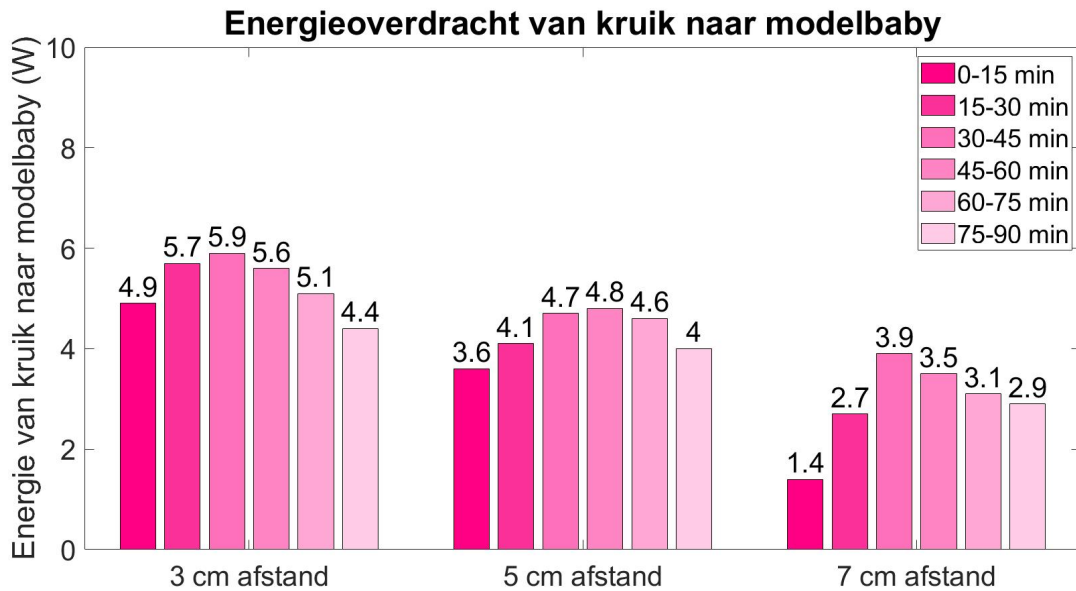


Figuur 6.11: Temperatuurverloop van de hoës door conductie bij verschillende materialen met verschillende diktes.

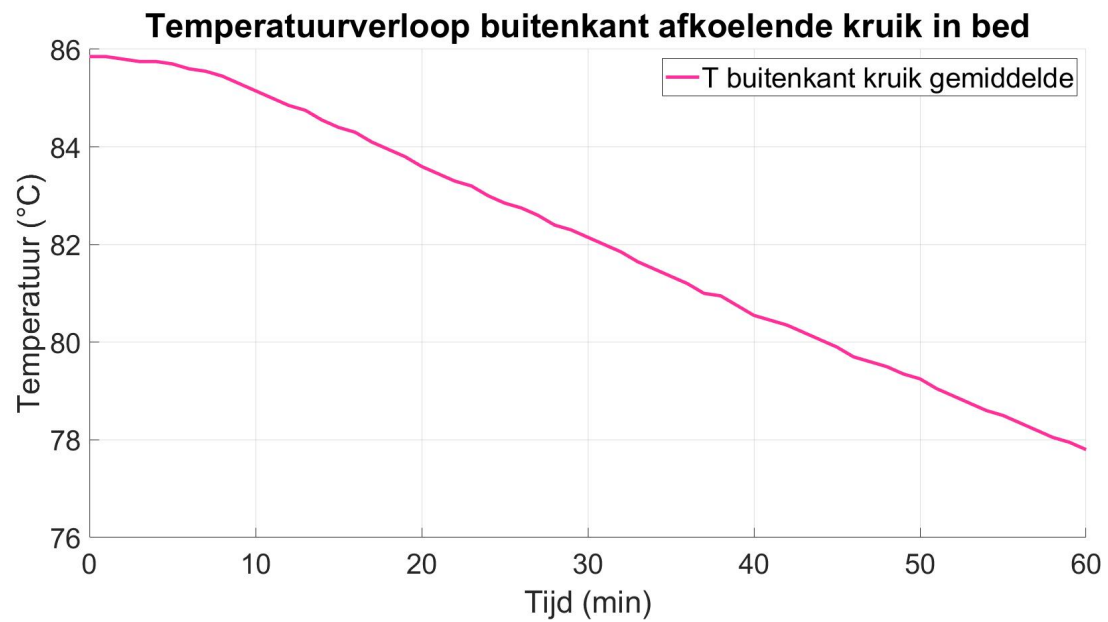
Temperatuurverloop verschillende afstanden tussen modelbaby en kale kruik



Figuur 6.12: Effect van radiatie op het temperatuurverloop van de modelbaby.



Figuur 6.13: Energieoverdracht van kruik naar modelbaby in de situatie waarbij de kale kruik op verschillende afstanden van modelbaby in bed ligt



Figuur 6.14: Temperatuurverloop van de buitenkant van de kruik, gevuld met water van 100°C , in bed.