

Een Pico-Hydro Electriciteitscentrale in Duple?

Inleiding

In dit rapport geef ik mijn mening over de haalbaarheid van de bouw van een pico-hydro electriciteitscentrale in Duple om de mensen daar van electriciteit te voorzien.

Dit is een eerste evaluatie van het voorgestelde project. Er moet nog veel meer werk verzet worden indien de gemeenschap in Duple vindt dat het lonend kan zijn om verder te gaan op de weg naar de realisatie.

Conclusies

1. een centrale, die ongeveer 3 kW elektrisch vermogen opwekt is, voor wat de kosten betreft, optimaal. Het is mogelijk meer energie op te wekken, maar dat vergt een erg hoge investering.
2. de plaats heeft twee nadelen:
 - a) er is een lange persleiding naar de turbine nodig, waarbij toch nog maar een middelmatige druk opgebouwd wordt. De persleiding wordt daardoor duur.
 - b) de afstand van veel huizen tot de centrale is meer dan 1 km. In de literatuur houdt men de maximale afstand op 1 km om de leidingkosten zo laag mogelijk te kunnen houden.

Door de genoemde nadelen wordt de realisatie van het project relatief duur.

Bronvermelding

Twee artikelen waren erg waardevol om de benodigde kennis over pico-hydro krachtcentrales te verkrijgen:

- a. Nepal Case Study, parts 1, 2 and 3
door Nigel Smith, Ghanashyam Ranjitkar en Bhola Shrestha.
(<http://www.eee.nottingham.ac.uk/picohydro/documents.html>)
- b. Pico-Hydro for Village Power – a Practical Manual for Schemes up to 5 kW in Hilly Areas,
door Phillip Maher en Nigel Smith
(<http://www.eee.nottingham.ac.uk/picohydro/documents.html>).

Beide artikelen zijn gepubliceerd op het internet.

Aangeraden wordt om deze artikelen te bestuderen..

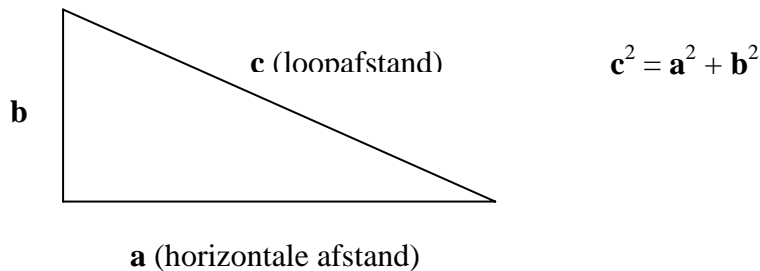
Nepal Case Study is gebaseerd op een project in Kushadevi, een klein dorp dichtbij Kathmandu. Ik heb Kushadevi gevonden op een kaart, die bij de toeristenpolitie van Kathmandu, te krijgen was. Het dorp ligt rechts van de weg van Kathmandu naar Panauti, enkele kilometers voor Panauti.

Ik adviseer om contact op te nemen met het 'User Committee' in Kushadevi om het managen van een dergelijk project te bespreken.

Terminologie

- | | |
|---------------|---|
| - inlaat | inlaatpunt van het water in de buis aar de turbine, |
| - waterbuffer | watervoorraad bij de inlaat om ervoor te zorgen voor een voldoende hoge waterstand |
| - drukhoogte | hoogte van de inlaat min de hoogte van de plaats in de leiding, waarvoor men de waterdrukhoogte opgeeft |
| - drukleiding | de buis van de inlaat/waterbuffer naar de turbine |

- turbine apparaat om de energie in de waterkolom om te zetten in mechanische (rotatie) energie
- generator apparaat om rotatieenergie om te zetten in elektrische energie (dynamo)
- horizontale afstand afstand in een rechte lijn tussen een punt en een virtueel punt recht boven of onder het eerste punt (wordt opgegeven door de GPS)
- loopafstand afgelegde afstand wanneer je van het ene punt naar een ander punt loopt (in de bergen berekend)



- belastingsregeling systeem om de belasting van de generator constant te houden
- elektrische last apparaat werkend op electriciteit, bijvoorbeeld een lamp
- lastbegrenzer apparaat om ervoor te zorgen dat een gebruiker niet teveel stroom afneemt.
Noodzakelijk om overbelasting van het systeem te voorkomen. In een overbelast systeem zullen TL-buizen op een zeker moment niet meer werken en kunnen ze beschadigd worden door het optredende voltageverlies
- spanningsverlies verlaging van de spanning over een elektrische last in het distributiesysteem veroorzaakt door de kabelweerstand

Hoeveel electriciteit kan er opgewekt worden

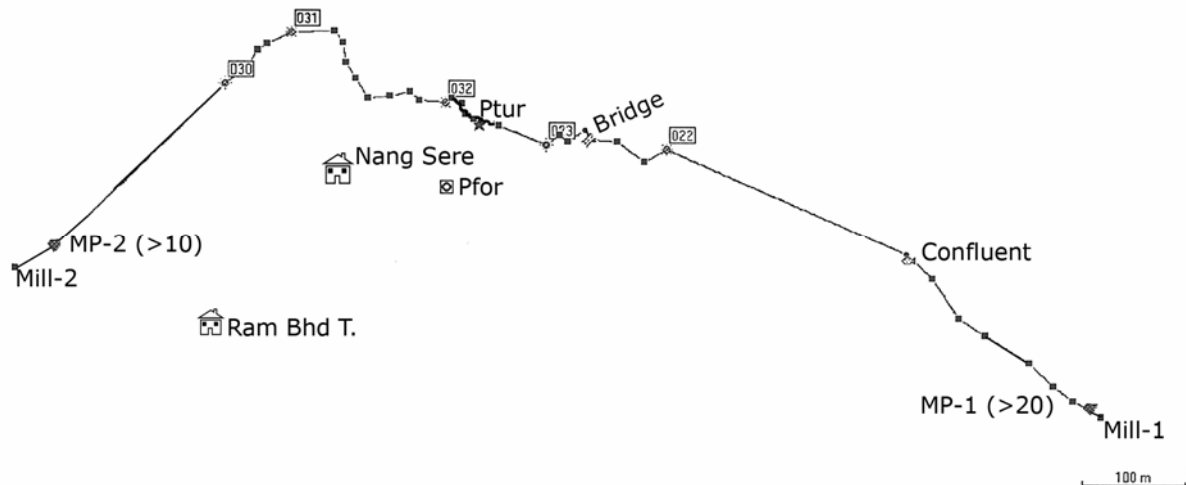
Begin maart 2008 heb ik Duple bezocht. Maart is nog niet het einde van het droge seizoen, daarom zal de wateropbrengst die het hele jaar beschikbaar is lager zijn dan de hoeveelheid die toen gemeten is.

Dicht bij het dorp zij er graanmolens gebouwd, die door het water in de rivier, de Kopche Khola, worden aangedreven. We hebben daarom een stuk tussen twee graanmolens bekeken. In dat deel werd er geen water gebruikt voor irrigatiedoeleinden of voor het winnen van drinkwater. Enkele meters stroomopwaarts van de eerste graanmolen hebben we een debiet van meer dan 20 l/s gemeten. Bij de tweede graanmolen, stroomafwaarts, was er geen goede plek om al het water te meten, we konden niet al het water opvangen, maar voor het deel dat we wel konden opvangen hebben we een debiet van meer dan 10 l/s gemeten. Ik schat dat het debiet daar ongeveer 15 l/s was.

De nauwkeurigheid van de metingen is laag, omdat we gebruik maakten van de emmer methode, die alleen voor een debiet tot 10 l/s nauwkeurig genoeg is.

De ligging van de rivier en een serie punten werden ingemeten met een GPS (Garmin GPSmap60 CSx). Het apparaat gaf zelf een nauwkeurigheid aan van ± 7 m. Naar mijn ervaring is de nauwkeurigheid van hoogtevverschillen echter veel beter.

De loop van de rivier en de aanvullende punten zijn weergegeven in afbeelding 1.



Afbeelding 1

Het hoogteverschil tussen de twee graanmolens is 122 m, de afstand door de rivierbedding 1200 m.

Langs de oever van de rivier is er slechts een plaats waar de helling zo steil en hoog is dat ze zonder meer in aanmerking komt om er een drukleiding te leggen.

Het hoogteverschil op dit punt is 47 m. De positie is tussen de markeringen 'Pfor' en 'Ptur'. Het hoogteverschil tussen markering 'Pfor' en een aftappunt onder de tweede graanmolen is 5 meter, terwijl de afstand, in rechte lijn, 380 m is.

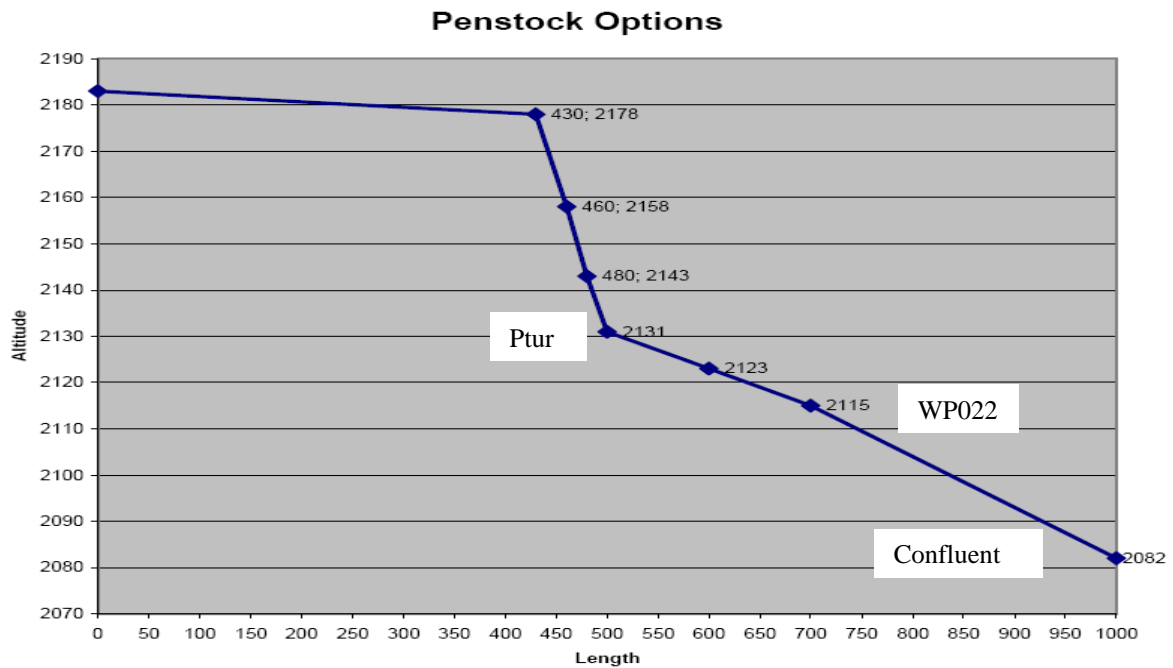
Rekening houdend met het gemeten hoogteverschil, het terrein tussen de twee punten en het feit dat we ons geen waterverlies (door wegsijpelen in de grond) kunnen veroorloven, is een kanaal, om het water naar de steile helling te brengen, geen optie. Een buis is bedrijfszekerder en goedkoper. Die buis zal dan ongeveer 430 meter lang moeten zijn.

Omdat we voor dit deel kiezen voor een buis, is het logisch dat we het inlaateservoir voor de drukpijp niet bij markering 'Pfor' maken maar juist onder de tweede graanmolen.

Wanneer we een hoger vermogen willen dan er bij markering 'Ptur' aanwezig is, dan kan de leiding verlengd worden langs de bedding van de rivier. Bij waypont 022 is er voldoende ruimte om een centrale te bouwen. Dat zal waarschijnlijk bij markering 'Confluent' ook mogelijk zijn. Op deze plaats mondt er een klein riviertje (debiet 2 l/s) uit in de Kopche Khola.

Tijdens de moesson staat het water natuurlijk hoger in de rivier.

Bij mijn berekeningen ben ik ervan uitgegaan dat de vloer van de centrale niet meer dan 2 meter boven de huidige waterspiegel hoeft te liggen.



Afbeelding 2

In afbeelding 2 is het hoogteprofiel van de drukleiding weergegeven. Daarbij is tevens aangegeven waar de centrale gebouwd zou kunnen worden. De overige hoogtemarkeringen zijn punten waar een volgende buissectie met een hogere drukbestendigheid moet beginnen. Als materiaal voor de drukleiding is hogedichtheidspolyethyleen (HDPE) gekozen

Afbeelding 3 toont de buiskosten tot aan bepaalde punten, waarbij voor die punten is aangegeven welk vermogen er gewonnen zou kunnen worden.

Pipe sections, power and cost at specific points

Altitude (m)	Section length (m)	Section drop (m)	Pressure rating (bar)	Head loss at 13 l/s (m)	Total Effective drop (m)	Waterpower (watt) at Flow 10 l/s	Electric power (watt) at Flow 10 l/s	Waterpower (watt) at Flow 15 l/s	Electric power (watt) at Flow 15 l/s	Section Cost (\$)	Cumulated Cost (\$)	Position Power- house
2183												Forebay/Reservoir
2158	468	25	2,5	3,56	21,40	2097		3146		1769	1769	
2143	27	15	4	0,46	35,90	3518		5277		123	1892	
2131	24	12	6	0,50	47,40	4645	2002	6968	3003	157	2049	Mark 'Ptur'
2123	96	8	6	2,00	53,40	5233	2267	7850	3400	628	2677	Max. for 6 bar pipe
2115	100	8	10	4,00	57,40	5625	2443	8438	3665	986	3663	Waypoint 022
2082	260	33	10	10,40	80,00	7840	3440	11760	5160	2564	6226	Confluent
									Total	6226		
Overall efficiency of the Scheme (%):						45						
Monsoon level (m above present level):						2						

Pipe data

Pressure rating (Bar)	Outside diameter (mm)	Inside diameter (mm)	Weight per 6 m (kg)	Price in 2000 (\$/m)
2,5	140	132	10	3,78
4	125	113	13	4,55
6	125	107	20	6,54
10	125	94	32	9,86

Afbeelding 3

Na het evalueren van deze gegevens kies ik voor een 3 kW plant bij markering 'Ptur'. Zo'n centrale vereist een waterdebiet van 15 l/s. Daar het niet bewezen is dat dit debiet ook gedurende de hele droge tijd beschikbaar is zou ik juist onder graanmolen 2 een groot reservoir bouwen. Nauwkeurigere metingen kunnen uitwijzen dat de bouw van het reservoir niet nodig is.

Een reservoir van 10 x 10 en 1,5 meter diep garandeert dat minstens 5 uur achtereen stroom geleverd kan worden wanneer het debiet zakt tot 5 l/s. Bij een debiet van 10 l/s kan de beschikbaarheid van de electriciteit vergeleken worden met de huidige situatie in Kathmandu.

Naast de kosten voor de buizen zijn er de kosten voor:

- de bouw van de centrale (het gebouw),
- extra cement en betonijzer voor de aanleg van het reservoir en enkele ondersteuning van de drukleiding,
- professionele hulp voor het lassen van de HDPE buizen (minstens een week),
- een centrale-set, bestaande uit een Pelton turbine, een generator (dynamo) en een belastingsregelaar (ca. \$ 3.000,-).
- bliksembeveiliging en een aardlekschakelaar indien deze niet inclusief zijn bij de levering van de centrale.

Ik schat dat de totale kosten voor de opwekking van de 3 kW ongeveer \$ 7.000,- zullen bedragen. We moeten er echter rekening mee houden dat de gebruikte prijzen zijn overgenomen van een project dat in 2000 werd opgeleverd. De beschikbaarheid en de materiaalprijzen moeten gecontroleerd en up-to-date gemaakt worden.

Vergeleken met centrales die al draaien in Nepal hebben we een lange drukleiding. Om tot aanvaardbare kosten te komen moet vooral het hogedruk deel van de drukleiding zo kort mogelijk zijn.

Alternatieve plaats voor drukleiding en centrale

Toen we Duple vanuit het zuiden naderden wees Kame mij een plaats aan die erg geschikt leek voor de plaatsing van een drukleiding. Er was daar een steile helling met een flink hoogteverschil. Het is jammer dat ik toen niet een verder onderzoek geregeld heb. De verontschuldiging is dat ik in de omgeving geen waterstroom had gezien.

Het is echter nuttig om na te gaan hoeveel water hier naartoe gebracht kan worden en waar een centrale gebouwd zou kunnen worden.. Misschien is hier een centrale van 5 kW mogelijk. Een nadeel van deze plaats is dat ze ook ver van de huizen af ligt. Het probleem van lange kabels is een onderdeel van de bespreking van het distributiesysteem, in het volgende onderdeel van dit rapport.

Afbeelding 4 toont de hoeveelheid elektrische energie die verwacht kan worden bij combinaties van waterdebiet en drukhoogte. De formule voor de berekening is:
Energier (Watt) = drukhoogte (m) x debiet (l/s) x 9,8 (zwaartekracht valversnelling) x 0.45 (effectiviteitsfactor).

Hydro Electric Chart

How much electric power (kWatt) can be expected from a stream

Head (m)	Flow (l/s)															
	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
20	0,44	0,53	0,62	0,71	0,79	0,88	0,97	1,06	1,15	1,23	1,32	1,41	1,50	1,59	1,68	1,76
25	0,55	0,66	0,77	0,88	0,99	1,10	1,21	1,32	1,43	1,54	1,65	1,76	1,87	1,98	2,09	2,21
30	0,66	0,79	0,93	1,06	1,19	1,32	1,46	1,59	1,72	1,85	1,98	2,12	2,25	2,38	2,51	2,65
35	0,77	0,93	1,08	1,23	1,39	1,54	1,70	1,85	2,01	2,16	2,32	2,47	2,62	2,78	2,93	3,09
40	0,88	1,06	1,23	1,41	1,59	1,76	1,94	2,12	2,29	2,47	2,65	2,82	3,00	3,18	3,35	3,53
45	0,99	1,19	1,39	1,59	1,79	1,98	2,18	2,38	2,58	2,78	2,98	3,18	3,37	3,57	3,77	3,97
50	1,10	1,32	1,54	1,76	1,98	2,21	2,43	2,65	2,87	3,09	3,31	3,53	3,75	3,97	4,19	4,41
55	1,21	1,46	1,70	1,94	2,18	2,43	2,67	2,91	3,15	3,40	3,64	3,88	4,12	4,37	4,61	4,85
60	1,32	1,59	1,85	2,12	2,38	2,65	2,91	3,18	3,44	3,70	3,97	4,23	4,50	4,76	5,03	5,29
65	1,43	1,72	2,01	2,29	2,58	2,87	3,15	3,44	3,73	4,01	4,30	4,59	4,87	5,16	5,45	5,73
70	1,54	1,85	2,16	2,47	2,78	3,09	3,40	3,70	4,01	4,32	4,63	4,94	5,25	5,56	5,87	6,17
75	1,65	1,98	2,32	2,65	2,98	3,31	3,64	3,97	4,30	4,63	4,96	5,29	5,62	5,95	6,28	
80	1,76	2,12	2,47	2,82	3,18	3,53	3,88	4,23	4,59	4,94	5,29	5,64	6,00	6,35		
85	1,87	2,25	2,62	3,00	3,37	3,75	4,12	4,50	4,87	5,25	5,62	6,00	6,37			
90	1,98	2,38	2,78	3,18	3,57	3,97	4,37	4,76	5,16	5,56	5,95	6,35				
95	2,09	2,51	2,93	3,35	3,77	4,19	4,61	5,03	5,45	5,87	6,28					
100	2,21	2,65	3,09	3,53	3,97	4,41	4,85	5,29	5,73	6,17						
105	2,32	2,78	3,24	3,70	4,17	4,63	5,09	5,56	6,02							
110	2,43	2,91	3,40	3,88	4,37	4,85	5,34	5,82								
115	2,54	3,04	3,55	4,06	4,56	5,07	5,58	6,09								
120	2,65	3,18	3,70	4,23	4,76	5,29	5,82									
125	2,76	3,31	3,86	4,41	4,96	5,51	6,06									
130	2,87	3,44	4,01	4,59	5,16	5,73										
135	2,98	3,57	4,17	4,76	5,36	5,95										
140	3,09	3,70	4,32	4,94	5,56	6,17										
145	3,20	3,84	4,48	5,12	5,76											
150	3,31	3,97	4,63	5,29	5,95											

Afbeelding 4

De distributie

Wanneer een elektrisch last verbonden is met een kabel dan zal de spanning over de last dalen, op het moment dat de last ingeschakeld wordt. Hoeveel is afhankelijk van de sterkte opgenomen stroom (Ampère) en de kabelweerstand (Ohm). Dit noemt men spanningsverlies. De kabelweerstand is afhankelijk van het materiaal, waarvan de kabel gemaakt is, de kabeldikte en de kabellengte.

Stroomsterkte = verbonden last / nominale spanning.

Kabelweerstand = kabellengte x specifieke waarde voor die kabel.

Spanningsverlies = stroomsterkte x kabelweerstand.

We willen een leidingnet dat geschikt is voor de aansluiting van gewone TL buizen en spaarlampen.

In dat geval mag het spanningsverlies niet meer bedragen dan 6% van de nominale spanning.

De lampen werken goed tussen +6% and -6% van de nominale spanning. Wanneer we de generator instellen op +6% dan mag het spanningsverlies in het leidingnet 12% zijn.

Dat is alle kennis die nodig is voor het ontwerpen van een eenvoudig leidingnet. Om een netwerk met zo laag mogelijke materiaalkosten te ontwerpen bereken je gewoon het spanningsverlies voor elk huis, waarbij je voor verschillende sekties van het netwerk telkens andere kabelsoorten en andere routes (kabel lengtes) kiest, zodanig dat het spanningsverlies binnen de grenzen blijft. Het zijn alleen erg veel berekeningen.

Ik heb slechts van een paar huizen de positie en zelfs van deze huizen weet ik niet of de bewoners gaan inschrijven op de electriciteitsvoorziening.

Daarom kan ik deze berekeningen nog niet maken.

Voor een kostengunstige pico-krachtcentrale moeten alle stroomafnemers binnen een straal van 1 km van de centrale liggen.

In Duble liggen de meeste huizen buiten dit gebied. Tevens liggen de huizen erg verspreid over de helling. Zelfs groepjes van 2-3 huizen zijn zeldzaam.

Het hierdoor ontstane probleem kan opgelost worden door de electriciteit door middel van een basisnet (backbone) met dikke en daardoor dure kabel, dicht bij de huizen te brengen, bijvoorbeeld tot op een afstand van 200 meter.

Een erg speculatieve prijs voor zo'n backbone zou \$ 4000,-(zonder de palen) kunnen zijn. Een goede schatting kan pas berekend worden zodra de positie van alle deelnemende huizen bekend is.

Er zijn ongetwijfeld plaatsen waar je met je leidingnetwerk niet kunt komen of die je beter kunt vermijden. Daarom is het nodig een gedetailleerde kaart van het gebied te maken.

Indien elk huis op een afstand van 200 meter van de backbone ligt zijn de extra kosten voor de aansluiting ongeveer \$60,- voor de geïsoleerde koperdraad en ongeveer \$10,- voor het aansluitkastje met veiligheidszekering en afnamebegrenzer. Afhankelijk van de groepering en onderlinge afstand van de huizen kan natuurlijk koperdraad gezamenlijk gebruikt worden.

Lopende kosten

De lopende kosten voor de deelnemers zijn de onderhoudskosten en het salaris voor een of twee deeltijd operators. Dit zijn de de kosten die minimaal door de gebruikers opgebracht moeten worden.

Het is gebruikelijk om de jaarlijkse onderhoudskosten te stellen op 6% van de investeringskosten. Deze kunnen we echter pas met enige zekerheid berekenen wanneer we de gegevens voor het leidingnetwerk hebben.

Laten we eens uitgaan van de volgende situatie:

\$ 14.000,- investering, het salaris voor een deeltijd-operator is \$ 35,- per maand, er zijn twee operators en de deelnemers kunnen intekenen voor pakketten van 25, 50 of 75 Watt.

De maandkosten voor een 25 Watt pakket zouden dan ongeveer \$ 1,17 zijn, indien alle electriciteit verkocht kan worden.

Dat is voor:

- onderhoud $14.000 \times 0,06 / 3000 \times 25 / 12 = \$ 0,583$ en
- voor de operators $35 / 3000 \times 25 \times 2 = \$ 0,584$.

Volgende stappen

Op het moment hebben we nog onvoldoende gegevens om een beslissing te nemen.

Belangrijke openstaande vragen zijn:

1. Wat is er mogelijk op de alternatieve plaats voor de centrale?

2. Is er iemand die de electriciteit wil gaan gebruiken, die overdag geproduceerd wordt en anders verloren zou gaan? – zijn er plannen voor enige vorm van industriële activiteit?
[De zwaarste motor, die aan onze 3kW generator gekoppeld kan worden op voorwaarde dat die niet onder belasting wordt ingeschakeld, is 560 Watt of 0,75 PK].
3. Controleren van het materiaal. Is HDPE buis nog steeds goedkoper in Nepal dan PVC buis? Kunnen we voor de eerste sectie van de drukleiding (bijna 500 m) een goedkoper soort buis krijgen? Kunnen we ABC kabel kopen in plaats van ACSR kabel? (ABC = Aerial Bundle Conductor, ACSR = Aluminium Conductor Steel Reinforced)
4. Wat zijn de huidige prijzen voor de buizen en kabels?
5. Is de gemeenschap bereid om werkkraft te leveren voor de bouw van het reservoir, de drukleiding, het gebouw voor de centrale en het leidingnetwerk?
6. Kan de gemeenschap de lopende kosten opbrengen?
7. Kan de gemeenschap een percentage van de investering opbrengen? Misschien in de vorm van een (bank)lening?
8. Kunnen we (regerings of andere) subsidies krijgen?
9. Hoeveel geld van sponsors?
10. Plaats van de huizen der deelnemers en bijzonderheden in het landschap om de mogelijkheid te hebben een optimaal distributienetwerk op te zetten.

Het merendeel van deze vragen moeten beantwoord worden door de betrokkenen in Nepal en hun vertegenwoordigers. Mijn bijdrage zal zijn om zoveel mogelijk sponsors te krijgen (punt 9). Ik kan ook de uitvoering van punt 10 op me nemen.

Ton van der Kop

Appendix:

1 waypoints in Duple

Appendix-1



Waypoints in Duble