



Consulting & Engineering

# **REGIONALES KLEINWASSERKRAFT- KOMPETENZZENTRUM IN INDONE- SIEN (HYCOM)**

SCHLUSSBERICHT APRIL 2011  
VERTRAG REPIC NO. 2005.05



Bearbeitet durch:

Martin Bölli, Gerhard Fischer

entec Consulting & Engineering

CH-9000 St. Gallen, Switzerland

Mail: [info@entec.ch](mailto:info@entec.ch) - Web: [www.entec.ch](http://www.entec.ch)

Version: 2.1

## **INHALTSVERZEICHNIS**

<b>1</b>	<b>ZUSAMMENFASSUNG</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>AUSGANGSLAGE</b>	<b>5</b>
2.1	Energiesituation in Indonesien zu Beginn des Projektes	5
2.2	Aktivitäten der Internationalen Zusammenarbeit und Rahmenbedingungen	6
2.3	Komplett ausgestattetes Hydrauliklabor auf dem Stand der Technik	6
<b>3</b>	<b>ZIELSETZUNG</b>	<b>7</b>
<b>4</b>	<b>DURCHGEFÜHRTE ARBEITEN</b>	<b>8</b>
4.1	Abbau und Transport der Ausrüstung	8
4.2	Standortsuche Planung und Bewilligung, erste Demonstrationen und Trainings mit der Ausrüstung	8
4.3	Institutionelles Setup, Betriebskonzept	9
4.4	Bau, Ausbildung der Betreiber und Inbetriebnahme	10
<b>5</b>	<b>ERZIELTE ERGEBNISSE, BEURTEILUNG, DISKUSSION</b>	<b>12</b>
5.1	Zielerreichung	12
5.2	Vergleich der erwarteten Resultate im Gesuch zu den effektiv erzielten Ergebnissen	17
<b>6</b>	<b>BEURTEILUNG UND AUSBLICK</b>	<b>19</b>

# 1 ZUSAMMENFASSUNG

Indonesien besitzt ein riesiges Wasserkraftpotenzial, welches vor allem im Bereich von über 1 MW erschlossen wird. Solche Anlagen werden in der Regel durch internationale Anbieter geplant und gebaut. Parallel dazu hat sich eine lokale Industrie etabliert, die sich auf kleine Insel-Anlagen zur Elektrifizierung von ländlichen Gebieten spezialisierte. Die Qualität der Produkte erlaubte jedoch nur die Nutzung verhältnismässig kleiner Potenziale, so dass im Bereich von 100 bis 1000 kW weiterhin Produkte und Know-how importiert werden mussten. Dies hatte zur Folge, dass in diesem Bereich eine kosteneffiziente Nutzung schwierig war.

Das Projekt „Regionales Kleinwasserkraft-Kompetenzzentrum in Indonesien“ – im folgenden *HYCOM* genannt – setzt hier an, indem es eine Weiterentwicklung des vorhandenen Know-hows mittels verbesserter Infrastruktur und Wissenstransfer ermöglicht. Mit *HYCOM* erhält die lokale Industrie eine Möglichkeit, ihre Produkte zu testen und an Optimierungsmöglichkeiten zu forschen. Schulungen und Kurse am Kompetenzzentrum sollen das Wissen der Akteure verbessern und den Aufbau eines lokalen Netzwerks ermöglichen.

Die Idee des Projekts entstand durch den Entscheid der Hochschule für Technik Zürich, ihr Hydrauliklabor bis 2005 aufzugeben. Damit ergab sich eine günstige Gelegenheit, in den Besitz eines voll funktionstüchtigen, komplett eingerichteten und dem Stand der Technik entsprechenden Turbinenlabors zu gelangen. Schnelles Handeln war gefragt, da das Turbinenlabor beherbergende Gebäude bereits im Herbst des gleichen Jahres abgebrochen werden sollte. Dank der raschen Zusage seitens *REPIC* konnte noch im Sommer 2005 mit dem Abbau des Hydrauliklabors der Hochschule für Technik in Zürich gestartet werden. Die Komponenten wurden fachmännisch verpackt und mittels Seefracht nach Indonesien verschifft. Eine indonesische Speditionsfirma importierte die Ausrüstung und transportierte sie nach Bandung (Java, Indonesien), wo sie vorerst zwischengelagert wurde.

Gleichzeitig initiierte die Entec Gespräche mit der Stadtverwaltung bezüglich des genauen Standortes und des Ablaufs zur Erlangung der Baubewilligung. Dieser Prozess erforderte massiv mehr Zeit, als ursprünglich eingeplant war. Zusätzlich kam auch die Bauplanung für das Labor aufgrund personeller Engpässe im Büro in Indonesien trotz Erweiterung des lokalen Teams nur ungenügend voran.

Unabhängig von den Verzögerungen betreffend Bewilligung, Bau und Betrieb des Labors führte die Entec bereits erste Trainings mit verschiedenen nationalen und internationalen Institutionen durch. Es zeigte sich mehr und mehr, dass ein grosses Interesse für das Labor und das darauf basierende Kompetenzzentrum vorhanden ist, sowohl bei nationalen Akteuren als auch bei internationalen Organisationen. Es folgten intensive Gespräche, wie *HYCOM* innerhalb der verschiedenen Stakeholder positioniert werden kann. Auch wurde in Betracht gezogen, *HYCOM* zu einem Zentrum für erneuerbare Energie und Umwelttechnologie auszubauen.

Der erweiterte Aufgabenbereich und die gewünschte Berücksichtigung weiterer Stakeholder erforderten ein geeignetes institutionelles Setup und eine zusätzliche Finanzierung für den Aufbau von *HYCOM*. *HYCOM* wurde schliesslich als Joint Venture zwischen *TEDC* (Technical Education Development Centre, ein Institut zur Ausbildung von Gewerkschullehrern) und *PT entec Indonesia* (einer Tochterfirma der Entec AG St. Gallen) aufgebaut. Die *GIZ* (Gesellschaft für internationale Zusammenarbeit) stellte im Rahmen eines im *AGMHP* (Asean German Hydro Power Project) integrierten Private Public Partnership Projektes (*iPPP*) finanzielle Mittel für das Projekt zur Verfügung.

Regionaler Partner von AGMHP ist das Asean Centre for Energy (ACE). Um einen nachhaltigen Betrieb zu ermöglichen wurde ein Businessplan entworfen und ein Steering Committee eingesetzt um die Startphase von HYCOM zu begleiten. Das Steering Committee besteht aus Mitarbeitern von GIZ, ACE, TEDC und pt Entec.

Aufgrund technischer Probleme (labiler Baugrund und Grundwassereinbruch) gab es grosse Verzögerungen und eine erhebliche Kostenüberschreitung. Entec musste erhebliche Eigenleistungen in Form von direkten Kosten und Personalkosten in das HYCOM Projekt investieren. TEDC erbrachte ebenfalls Leistungen in Form von Land für das Labor und Mitarbeit beim Bau und der Entwicklung der Curricula. Sämtliche Bauarbeiten sind mittlerweile abgeschlossen und die Inbetriebnahme der Laborausrüstung läuft. In der jetzt beginnenden Anlaufphase von HYCOM wird TEDC die Einrichtung für Büros und Vorlesungsräume sowie zwei ständige Mitarbeiter bereitstellen. PT entec wird die Anlage in Betrieb nehmen und die HYCOM Mitarbeiter schulen.

## 2 AUSGANGSLAGE

### 2.1 Energiesituation in Indonesien zu Beginn des Projektes

Über lange Zeit lieferten fossile Energieträger die notwendige Primärenergie zur Erzeugung von Strom, vor allem aus Gründen der einfachen Konzipierung und Wartung. Der Beitrag der Wasserkraft, deren Nutzung bedeutend mehr Know-how erfordert und von welcher in Indonesien ein riesiges Potenzial vorhanden ist (dritthöchstes theoretisches Potenzial in Asien!), nahm zwar seit Jahren kontinuierlich zu, doch konnte dem stark steigenden Energieverbrauch nur mit dem Bau von zusätzlichen Kohle- & Gas-kraftwerken begegnet werden.

In den vorangegangenen 20 Jahren vervierfachte sich die produzierte Energie aus Wasserkraftwerken. Dies widerspiegelte aber in erster Linie die Erschliessung von Kraftwerken im Bereich von über 1 MW. Kraftwerke in diesen Dimensionen werden praktisch ausschliesslich an ausländische Firmen vergeben, die lokale Industrie erhält höchstens Aufträge für Bauarbeiten.

Es gibt jedoch in Indonesien eine Industrie, welche sich auf kleinere Insel-Anlagen (bis 100 kW) zur Elektrifizierung von ländlichen Gebieten spezialisierte. Die Qualität der Produkte reichte zwar nur für verhältnismässig schwache Anlagen, doch hatten sich unzählige dieser Anlagen als Ersatz von Diesel-Aggregaten bewährt und massgeblich zur Reduktion des Ausstosses von Treibhausgasen beigetragen. Für den Leistungsbe-reich von 100 bis 1000 kW, wo ein erhebliches Potenzial liegt, genügte die lokal produzierte Qualität nicht, und man war weiterhin auf Maschinen-Importe angewiesen. Der dadurch resultierende höhere Stromgestehungspreis bremste die weitere Verbreitung der Kleinwasserkraft.

PLN, der staatliche indonesische Elektrizitätsversorger, erklärte, vorläufig keine neuen Gross-Kraftwerke zu bauen, sondern vermehrt aktuell laufende Projekte weiterzuführen. So sollte der künftige Elektrizitätsbedarf vermehrt auch durch unabhängige Kraftwerksbetreiber (Independent Power Producers *IPP*) gedeckt werden.

Tabelle 1: Potenzial der Wasserkraft in Indonesien, Stand 1999

	Indonesien
Theoretisches Potenzial der Wasserkraft:	2'147 TWh/a
Technisch möglich erschliessbares Potenzial:	402 TWh/a
Wirtschaftlich sinnvoll erschliessbares Potenzial:	40 TWh/a
Aktuelle Jahresproduktion	13 TWh

Der Preis pro kWh Strom kostete im Jahr 2000 3 US cents.

## 2.2 Aktivitäten der Internationalen Zusammenarbeit und Rahmenbedingungen

Entec Indonesien wurde seit Mitte der Neunziger Jahre vom damaligen BAWI und von der deutschen Gesellschaft für technische Zusammenarbeit (GTZ, heute GIZ), mit der Umsetzung regionaler Kleinwasserkraft-Förderungsprojekte beauftragt und weist somit eine grosse Erfahrung in dieser Thematik auf. Durch diese Aktivitäten konnte ein ausgedehntes Netzwerk mit lokalen Akteuren (Regierung, Universitäten, Elektrizitätsversorgung, Werkstätten) aufgebaut werden. Entec Indonesien war selber am Aufbau des Hydrauliklabors interessiert, um die Entwicklung ihrer eigenen Produkte weiterführen zu können. Entec Indonesien betrieb bereits damals ein sehr einfaches Hydrauliklabor, welches immer wieder für Demonstrationen und Trainings benutzt wurde.

## 2.3 Komplett ausgestattetes Hydrauliklabor auf dem Stand der Technik

Anfangs der 90-er Jahre erneuerte die Hochschule für Technik Zürich ihr Hydrauliklabor, welches Versuche durch Studenten an Strömungsmaschinen erlaubte. Durch die veränderte Situation anfangs des vergangenen Jahrzehnts entschied sich die Fachhochschul-Leitung, das Labor aufzugeben. Die installierte Ausrüstung, welches eine gewisse Fläche beansprucht und regelmässige Wartung und Unterhalt verlangt, hatte in der Schweiz durch den relativ hohen Ausbaugrad der Wasserkraft und einer nur noch limitiert vorhandenen Industrie seine Attraktivität verloren<sup>1</sup>. Ganz anders verhält sich dies in Ländern wie Indonesien, deren Wasserkraftpotenzial noch weitgehend unerschlossen ist.

Die Maschinen befanden sich in gut gewartetem Zustand und waren voll funktionstüchtig. Die Ausrüstung besteht aus:

- einer 11 kW Francis-Turbine (umbaubar auf Kaplan), mit einer Wirbelstrombremse und Steuerungsschrank
- einer 11 kW Pelton-Turbine, mit einem DC-Generator und Steuerungsschrank
- einer 30 kW Schraubenradpumpe, mit Druckbehälter, Steuerung und Antrieb, für den Betrieb der Francis-/Kaplan-Turbine
- einer 30 kW Radialkreiselpumpe, mit Antrieb, für die Erzeugung des benötigten Wasserdrucks der Pelton-Turbine
- einem PC mit Messprogramm zur Auswertung der Versuche
- einer Messeinrichtung zur Bestimmung der Wassermenge

Die Entec AG konnte über die gesamte Ausrüstung verfügen, wenn im Gegenzug der Abbau und Abtransport übernommen würde. Der Abbau und Abtransport hatte in den Sommerferien 2005 zu erfolgen, da danach wieder Schulbetrieb herrschte und das Gebäude, in welchem sich das Labor befand, im Herbst 2005 abgerissen wurde.

Die Gelegenheit, ein voll funktionstüchtiges, funktionierendes, komplett eingerichtetes Turbinenlabor zu solchen Konditionen zu erlangen, konnte insbesondere dank des REPIC-Beitrags genutzt werden!

---

<sup>1</sup> Es ist hierbei anzumerken, dass die Situation heute wohl deutlich anders beurteilt werden würde!

### 3 ZIELSETZUNG

Zielsetzung	Indikator
1. Gründung eines Kompetenzzentrums Kleinwasserkraft in Bandung, Java, Indonesien, mit einer Versuchs- und Demonstrationsanlage. Gleichzeitig wird ein Netzwerk im Bereich Kleinwasserkraft aufgebaut und gepflegt und der Erfahrungsaustausch unter den verschiedenen lokalen Akteuren gefördert.	Ein bis drei Anlässe pro Jahr im Hydrauliklabor mit breiter Beteiligung verschiedener Interessengruppen (z.B. Workshop, Schulung, Konferenz).
2. Bessere Erschliessung des Kleinwasserkraft-Potenzials im Bereich von 100 kW bis 1000 kW durch die lokale Industrie zu rentablen Stromgestehungspreisen.	Drei neue Wasserkraftwerke innert 5 Jahren im Bereich von 100 kW bis 1000 kW mit lokal produzierter Ausrüstung.
3. Verbesserung der Qualität von lokal produzierter und gewarteter Ausrüstung zu vernünftigen Kosten.	
4. Unterstützung der lokalen Industrie bei Entwicklung, Test und Verbesserung Ihrer Produkte.	Behandlung aller externen Anfragen, notfalls mit Erweiterung des Betriebspersonals.
5. Verbessertes Marktzutritt der lokalen Akteure.	

## 4 DURCHGEFÜHRTE ARBEITEN

### 4.1 Abbau und Transport der Ausrüstung

Das Labor wurde im Sommer 2005 unter Leitung der Entec fachgerecht demontiert und verpackt. Beim Turbinenlabor handelt es sich um einen umfangreichen Maschinenpark, dessen Zusammenspiel eine gewisse Komplexität beinhaltet. Aus diesem Grund wurde vor dem Abbau der Maschinen Pak Komarudin vom indonesischen Entec-Büro die Funktionsweise des Labors demonstriert. Im Anschluss begleitete er die Abbau-Arbeiten, um die Zusammenhänge beim späteren Wiederaufbau detailliert verstehen zu können. Durch die unterirdische Lage des Labors und dem hohen Gewicht der einzelnen Komponenten mussten die Dienste von Spezialisten in Anspruch genommen werden. Die Ausrüstung wurde danach mittels Bahn und Schiff an seinen Bestimmungsort in Indonesien transportiert und zwischengelagert. Die Ausrüstung wurde dem Projekt von der Entec kostenlos zur Verfügung gestellt.

Tabelle 2: Bilder vom Abbau der Turbine, Verlad und Zwischenlagerung in Indonesien



### 4.2 Standortsuche Planung und Bewilligung, erste Demonstrationen und Trainings mit der Ausrüstung

Die Entec hatte für HYCOM eine Lage am Rand der Stadt Bandung in Betracht gezogen. Der Landkauf war bereits abgeschlossen, hingegen erforderte die Erlangung einer Baubewilligung durch die Stadtverwaltung ausserordentliche Geduld. Gleichzeitig erlaubte eine länger andauernde Überlastung des indonesischen Teams nur einen beschränkten Einsatz für die Planung von HYCOM.

Mit Senternove (DGIS Energising Program, Niederlande) hatte jedoch eine internationale Organisation bereits von dem geplanten Kompetenzzentrum erfahren und grosses Interesse bekundet, in Zukunft Veranstaltungen durchzuführen. In der Anfangsphase wurden verschiedene Trainingskurse für indonesische und ausländische Projekte im bereits bestehenden Kleinlabor eines indonesischen Counterparts durchgeführt. Später kamen Interessenten aus den Philippinen, Afghanistan und Laos nach Bandung. Das Kleinlabor befindet sich in der unmittelbaren Nachbarschaft des ursprünglich vorgesehenen Standorts, und es herrschte praktisch täglich Besucherverkehr von interessier-



ten Kunden, Regierungsbeamten, Schulen usw. Während dieser Zeit besuchte auch der indonesische Energieminister den geplanten Standort von HYCOM. Im Kleinlabor wurden, soweit dies mit einfachen Mitteln möglich war, bereits erste Modelle von Mikroturbinen bis 1kW erfolgreich entwickelt. In einer Kleingiesserei auf dem Projektgelände werden diese Modelle gegossen.

Während dieser Zeit wurde auch ein Trainingsprogramm zur indonesienweiten Ausbildung von indonesischen Gewerbelehrern begonnen. Ziel war, zunächst in einigen Gewerbeschulen eine Zusatzausbildung zum Wasserkraftbauer einzuführen, um in einem weiteren Schritt Erneuerbare Energien und Umweltbewusstsein in diesem Bereich zu lehren. Dieses Programm wird am Technischen Ausbildungszentrum für Gewerbeschullehrer in Bandung TEDC durchgeführt und wurde von der Holländischen Regierung (ETC - SenterNovem) und von MHPP GTZ mitfinanziert. TEDC ist hervorragend ausgerüstet und besitzt zusätzlich Lehrsäle und Unterkünfte, welche für das geplante Kompetenzzentrum bei Bedarf zugänglich sind. Im Rahmen dieses Programms ist geplant, dort ein vereinfachtes Demonstrationslabor für Wasserkraft auf Gewerbeschul-Level einzurichten.

Tabelle 3: Ausbildung im bestehenden Kleinlabor, Besuch des indonesischen Energieministers und Demonstration anhand der Ausrüstung aus dem Turbinenlabor Zürich anlässlich einer Weiterbildung



### 4.3 Institutionelles Setup, Betriebskonzept

Es zeigte sich, dass aufgrund der grossen Nachfrage nach den Leistungen von HYCOM das Betriebskonzept überarbeitet werden musste. Dies verursachte insbesondere offene Fragen zum Betrieb des Turbinenlabors, vor allem im Bereich der Finanzierung. Die Entec AG entschied sich daher, mit der Auslösung der Bauarbeiten abzuwarten und mehr Priorität auf die Klärung der Vermarktung und des Betriebs des Turbinenlabors zu legen. Auch standen Verhandlungen mit verschiedenen internationalen Institutionen zur Durchführung von Ausbildungskursen im Kompetenzzentrum in Indonesien an. Die Zusammenarbeit mit den lokal vorhandenen Ausbildungsinstitutionen wurde dabei weiter gepflegt und ausgebaut.

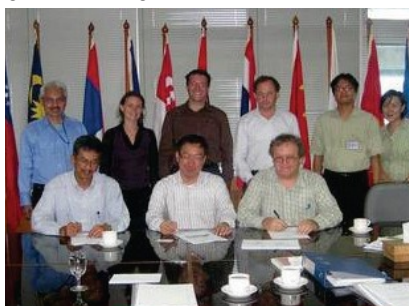
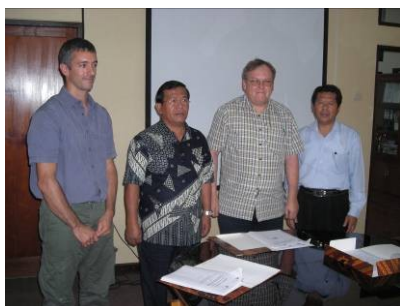
Als unter den veränderten Rahmenbedingungen bestes Setup wurde für HYCOM ein Joint Venture zwischen TEDC und pt. Entec (Indonesien) erachtet. Die GIZ stellte im Rahmen eines im AGMHP<sup>2</sup> integrierten Private Public Partnership Projektes (iPPP) zusätzliche finanzielle Mittel für HYCOM zur Verfügung. Um einen nachhaltigen Betrieb zu ermöglichen wurde ein Businessplan mit drei Szenarien für den langfristigen Betrieb

<sup>2</sup> Regionaler Partner von AGMHP ist das Asean Centre for Energy (ACE).

von HYCOM (worst case, normal und best case Szenario) erarbeitet und ein Steering Committee eingesetzt um die Startphase von HYCOM zu begleiten. Das Steering Committee besteht aus Mitarbeitern von GIZ, ACE, TEDC und pt Entec.

Anlässlich verschiedener Veranstaltungen<sup>3</sup> wurden die Dienstleistungen und Möglichkeiten von HYCOM international präsentiert. Ausserdem wurde eine Webseite ([www.hycom.info](http://www.hycom.info)) entwickelt und verschiedenes Promotions-Material entworfen. Auch wurden mit der bereits verfügbaren Infrastruktur weitere Trainings für verschiedenste Gruppen und Organisationen durchgeführt<sup>4</sup>.

Tabelle 4: Unterzeichnung des Joint Ventures zwischen TEDC und pt. Entec, Unterzeichnung des iPPP mit Vertretern von AGMHP und TEDC, Grundsteinlegung mit Vertretern aller beteiligten Parteien und Gästen aus Industrie und Bildungseinrichtungen



## 4.4 Bau, Ausbildung der Betreiber und Inbetriebnahme

Die Bauarbeiten konnten trotz erschwelter Bedingungen durch sumpfigen Baugrund abgeschlossen werden. Bis Ende November 2010 stellte die Entec AG dazu zusätzliches internationales Personal zur Verfügung, welches auch die Ausbildung des HYCOM Teams und die Vorbereitung zur Inbetriebnahme übernahm. Die Arbeiten, insbesondere der Einbau der Ausrüstung in das neue Gebäude, wurden dabei auch durch zwei deutsche Maschinenbau-Studenten unterstützt. Während dieser Zeit wurde sowohl die Testumgebung für Studentenarbeiten vorbereitet als auch die computerbasierte Messausrüstung aktualisiert, so dass diese nun wieder voll einsatzfähig ist.

Die Erarbeitung der modularen Lehrpläne und Trainingsdokumentation ist weit fortgeschritten. Darin inbegriffen sind Module für die Pelton- und die Francisturbine als auch für die Pumpen. Dank der Erfahrung und des Feedbacks aus verschiedenen bereits durchgeführten Trainings in Zusammenarbeit mit TEDC wurden die Module fortlaufend optimiert. Dies erlaubt einen spezifischen Technologietransfer nicht nur an Ingenieure sondern beispielsweise auch an lokale Betreiber aus ländlichen Gebieten.

Die Trainingsdokumentation wurde mittlerweile direkt an der installierten Ausrüstung getestet und optimiert. Ausserdem wurde die Ausbildung über TEDC an das Ministry for Education und das Ministry for Energy and Mineral Resources weitergeleitet und für das Budget 2011 vorgeschlagen.

<sup>3</sup> in Indonesien, Vietnam, Indien und in der Schweiz, wie bspw. Enerexpo in Hanoi, Renewable Conference in Delhi, Hydroenergia in Lausanne

<sup>4</sup> Gruppen aus Äthiopien, Pakistan, Nigeria, ...

Die Inbetriebnahme der Ausrüstung soll spätestens im Mai 2011, ebenfalls durch internationales Personal der Entec, erfolgen. Bei dieser Gelegenheit wird auch die Ausbildung des HYCOM Teams auf die Bedienung und Wartung der Ausrüstung abgeschlossen. Die offizielle Einweihung ist im Juni 2011 mit internationalen Gästen aus Politik, Bildungseinrichtungen und Industrie geplant.

Tabelle 5: Visualisierung von HYCOM bei der Bauplanung, Schwierigkeiten mit dem Baugrund, Errichtung des Gebäudes, Training des HYCOM Teams, Training mit Vertretern aus Nigeria, Installation der Maschinen



## 5 ERZIELTE ERGEBNISSE, BEURTEILUNG, DISKUSSION

### 5.1 Zielerreichung

#### Veranstaltungen im HYCOM

Die Räumlichkeiten von HYCOM sind zwar erst seit kurzem gebaut, dennoch konnten im Rahmen der Partnerschaft zwischen TEDC und pt. Entec diverse Trainings durchgeführt werden. Zur Überbrückung stellten dazu sowohl TEDC als auch die pt. Entec Räumlichkeiten zur Verfügung. Die Laborausrüstung diente dabei insbesondere zur Visualisierung der vermittelten Theorie, und ein bestehendes Labor für Mikroturbinen konnte für Praxis-Übungen verwendet werden.

Die wichtigsten durchgeführten Veranstaltungen:

- Vom 13. November bis 13. Dezember 2010 wurden acht nigerianische Ingenieure eines regionalen Kleinwasserkraft-Zentrums in Abuja / Nigeria im Bereich Kleinwasserkraft geschult. Die Finanzierung des Trainingsprogramms erfolgte über UNIDO. Die HYCOM Laborausrüstung wurde durch das HYCOM Team präsentiert und ausgiebig genutzt. HYCOM erachtet es als realistisch, dass der Kontakt zum Team aus Abuja auch in Zukunft bestehen bleibt.
- Das HYCOM Team führte vom 15. September bis 2. Oktober 2010 Kurse im Rahmen einer internationalen Lehrerausbildung (E9 Länder) durch. Dabei wurden die erarbeiteten Trainingsmodule und –dokumente erstmals angewendet und getestet. Unter den Teilnehmern befanden sich Lehrer von 12 verschiedenen indonesischen Gewerbeschulen.
- 2010 wurden zudem zwei Trainings für Turbinen-Hersteller aus Sulawesi und Sumatra durchgeführt.
- Vom 18. Juli bis 3. August 2009: Dimensionierung und Bau von Wasserturbinen, Training für Hersteller aus Pakistan.
- Vom 6. bis 25. Oktober 2008: Dimensionierung und Bau von Wasserturbinen, Training für Hersteller aus Äthiopien.
- Seit 2006 verschiedene Kurse für Gewerbeschullehrer in Zusammenarbeit mit TEDC im gesamten Bereich der erneuerbaren Energien.
- 2005, 2006: Verschiedene Trainingskurse wurden für indonesische und ausländische Projekte im bereits bestehenden Kleinlabor eines indonesischen Counterparts durchgeführt: beispielsweise kamen Teilnehmer aus den Philippinen, Afghanistan und Laos nach Bandung.

Tabelle 6: Eindrücke von den verschiedenen Trainings, in Zusammenarbeit mit TEDC und lokalen Produzenten



### Bessere Erschliessung des Potenzials

In der nationalen Elektrizitätsstatistik werden sowohl Klein- als auch Kleinstwasserkraftwerke erfasst. Die Genauigkeit der Statistik ist fraglich, ebenso wie die Art der Erhebung, doch sind keine anderen Daten verfügbar. Unabhängig davon zeigt die Zunahme der Leistung von Kleinwasserkraftwerken um einen Faktor 2.5 zwischen 2004 bis 2009 einen klaren Trend (s. Tabelle 8)<sup>5</sup>.

Eine detaillierte Liste mit zwischen 2004 und 2010 gebauten Kleinwasserkraftwerke im Leistungsbereich von 100 kW bis 1 MW existiert leider nicht. Ein Beispiel einer solchen Anlage ist das Kleinwasserkraftwerk Salido Kecil, bei welchem bis 2009 zwei von drei Turbinengruppen komplett renoviert wurden. Die Anlage bringt eine Leistung von 570 kW.

Tabelle 7: MHP Salido Kecil, Sumatra (570 kW)



<sup>5</sup> Diese sind in der Kategorie „Microhydro“ berücksichtigt. Gemäss indonesischer Definition sind in dieser Kategorie Wasserkraftwerke bis zu einer Leistung von 1 MW berücksichtigt.

Tabelle 8: Leistung des indonesischen Kraftwerksparks von 2004 bis 2009, unterteilt nach Produktionstyp; Gemäss indonesischer Definition handelt es sich bei „microhydro“ um Wasserkraftwerke mit einer Leistung von < 1 Megawatt.

Quelle: Direktorat Jenderal Listrik Dan Pemanfaatan Energi, Kementerian Energi Dan Sumber Daya Mineral, 2010; Statistik Ketenagalistrikan Dan Energi, Tahun 2009

NATIONAL INSTALLED CAPACITY OF POWER PLANT BY TYPE

(MW)

TAHUN YEAR	P L T BSM OIL FIRED PP				P L T NON - BSM					NON OIL FIRED PP				JUMLAH TOTAL	
	PLTU-M STEAM OIL PP	PLTD DIESEL PP	PLTG-M OIL FIRED GAS TURBINE PP	PLTGU-M COMBINED CYCLE PP	PLTA HYDRO PP	PLTP GEOTHER- MAL PP	PLTU-B STEAM COAL PP	PLTU-G STEAM NATURAL GAS PP	PLTG-G NATURAL GAS TURBINE PP	PLTGU-G COMBINED CYCLE PP	PLTM-G MACHINE GAS	PLTM MINIHYDRO	PLTMH MICROHYDRO		PLT Bayu WIND POWER
2004	1.155,00	2.993,60	1.356,52	2.435,73	3.199,45	820,00	7.640,00	955,00	1.446,05	4.410,54	12,00	-	0,26	-	26.424,15
2005	6.770,00	3.042,12	1.865,63	6.220,97	3.220,96	820,00	2.980,00	-	1.321,00	345,00	12,42	3,00	0,36	-	26.601,66
2006	6.770,00	3.001,49	1.869,22	6.960,97	3.529,11	820,00	4.900,00	-	1.527,00	345,00	12,42	3,00	0,36	-	29.738,87
2007	6.984,00	3.069,77	1.925,63	6.960,97	3.506,54	932,50	5.030,00	-	1.527,00	345,30	12,00	6,00	0,36	0,10	30.300,17
2008	7.214,00	3.134,40	1.638,69	7.310,97	3.509,28	1.002,50	5.095,00	-	1.527,00	405,30	21,84	6,00	0,61	0,26	30.865,85
2009	7.214,00	3.094,15	1.712,59	7.310,97	3.513,45	1.122,50	5.095,00	-	1.653,00	405,30	26,00	6,00	0,90	1,06	31.154,92

\*) Tidak termasuk captive power / Not included captive power

\*\*) Tidak termasuk captive power dan listrik swasta /  
Not included captive power and private power

Tabelle 9 zeigt eine Übersicht über den Status von Kleinwasserkraftprojekten im Bereich von 100 kW bis 1 MW.

Tabelle 9: Übersicht geplanter Kraftwerke, Quelle PLN, Stand März 2006

Kraftwerk	Leistung	Provinz	Status
MHPP Ira (IPP)	1 MW	North Maluku	Study / Survey
MHPP Rongi (IPP)	2 x 0.75 MW	South East Sulawesi	Study / Survey
MHPP Purui (IPP)	2 x 0.8 MW	South Kalimantan	Study / Survey
MHEPP Merasap (ADB)	2 x 0.75 MW	West Kalimantan	Tendering
MHEPP Lobong	2 x 0.8 MW	North Sulawesi	Tendering
MHEPP Santong	0.85 MW	NTB	Tendering
MHEPP Ndungga	2 x 0.95 MW	NTT	Tendering
Muara Kahidin	0.6 MW	South Kalimantan	Detail Design
Sawidago	0.8 MW	Central Sulawesi	Detail Design
Parigi	0.6 MW	Central Sulawesi	Detail Design
Tindarki	0.6 MW	Central Sulawesi	Detail Design
Puruk Cahu	0,38 MW	Central Kalimantan	Detail Design
Gendang Timburu	0,65 MW	Central Kalimantan	Detail Design
Pekatan	0,6 MW	NTB	Detail Design
Rita MHEPP	0.8 MW	NTT	Pre Feasibility Study

### Auswirkung auf Qualität

Die Qualität der in Indonesien hergestellten Ausrüstung steht in Konkurrenz zu importierter Ausrüstung aus China, welche sich preislich im gleichen Rahmen bewegt. Die Qualität wird dadurch für den Kunden zum entscheidenden Selektionskriterium. Aus Sulawesi berichten Langzeit-Experten der gtz<sup>6</sup>, dass sich die Qualität der lokal produzierten Turbinen in den letzten Jahren spürbar verbesserte. Dies ist beispielsweise anhand des Vergleichs in Tabelle 10 zu sehen (verbesserte Lagerung, Steuerung Leitapparat, etc.).

<sup>6</sup> gtz TSU Projekt in Indonesien, Regionalverantwortlicher Sulawesi, anhand des lokalen Turbinenbauers Pak Linggi

Tabelle 10: Durchströmturbine des Herstellers Pak Linggi (Sulawesi). Bilder links und Mitte zeigen die alte Version, rechts die optimierte Variante



Als weiterer Indikator für die verbesserte Qualität kann der deutlich gestiegene Absatz interpretiert werden. Dadurch drängen hingegen neue Werkstätten ohne relevante Erfahrung im Turbinenbau auf den Markt. HYCOM ermöglicht diesen eine Ausbildung und erhöht die Geschwindigkeit auf der Lernkurve, ohne dass die Fehler der Vergangenheit erneut begangen werden.

**Verbesserter Marktzutritt**

Eine regelmässig durchgeführte Umfrage bei Turbinenherstellern in Bandung (Java) zeigt, dass seit 2006 die Produktion massiv erhöht werden konnte. Die jährlich zugebaute Leistung betrug 2009 bereits über 3 MW. Die durchschnittlich installierte Leistung nimmt jedoch nur langsam zu und bewegt sich aktuell im Bereich von 40 kW.

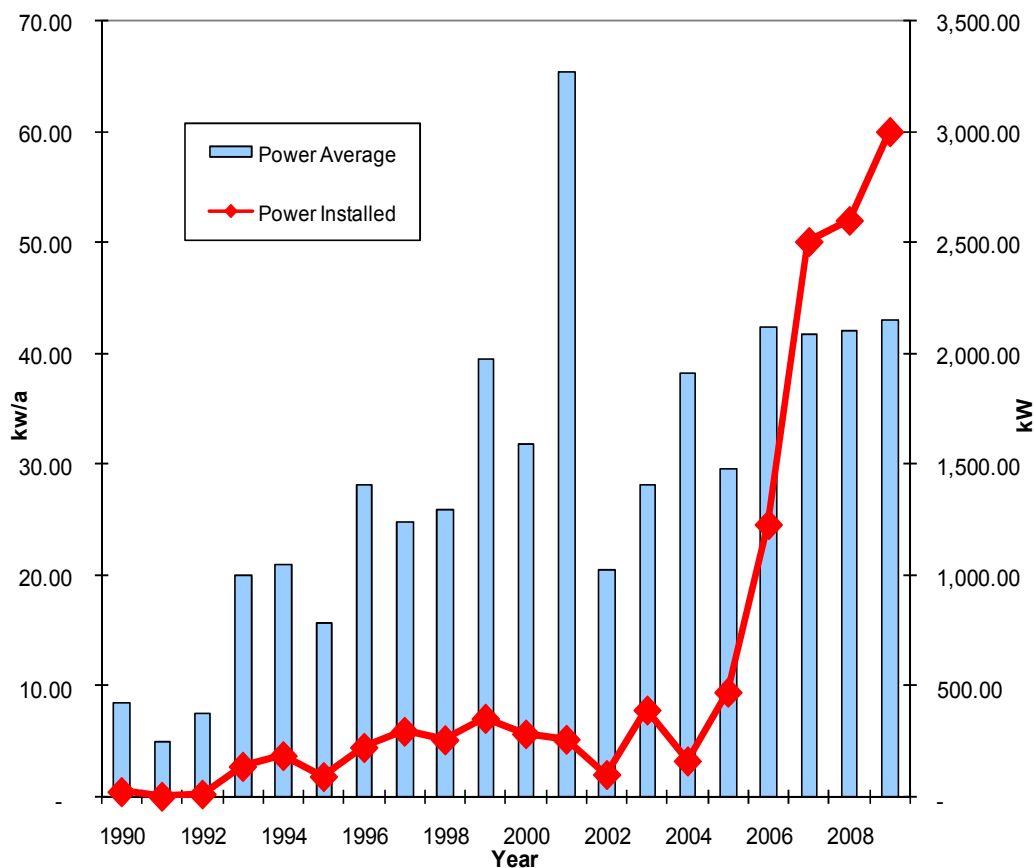


Abbildung 1: Entwicklung des Absatzes von Durchströmturbinen anhand der gesamten Turbinenleistung; Quelle pt Entec AG



Gemäss Auskunft der Produzenten konnten Turbinen zudem in verschiedene Länder exportiert werden, wie bspw. England, die Schweiz, Philippinen, Nepal, Madagaskar, Äthiopien, Uganda, Tansania, Papua Neu Guinea, Kamerun, Zaire, Kirgisien, Mosambik, etc.

Mittlerweile sind alleine im Raum Bandung über 300 Beschäftigte im Bereich Kleinwasserkraft tätig.

## 5.2 Vergleich der erwarteten Resultate im Gesuch zu den effektiv erzielten Ergebnissen

### 1 - Aufbau eines Kleinwasserkraft-Kompetenzzentrums mit entsprechend geschultem Personal

*Indikator: Ein voll funktionstüchtiges Hydrauliklabor, welches von lokalen Interessengruppen für ihre eigenen Interessen benützt werden kann*

Das Hydrauliklabor ist aufgebaut und das Personal ist geschult. Es ist Eigentum von HYCOM, einem Joint-Venture zwischen pt. Entec Indonesia und TEDC und somit direkt bei lokalen Akteuren angegliedert. Die offizielle Eröffnung ist im Juni 2011 vorgeesehen.

### 2 - Die lokale Industrie nutzt die Möglichkeiten des Kompetenzzentrums und ist in der Lage, ihre Produkte zu testen und weiterzuentwickeln. Die Qualität von lokal produzierter und gewarteter Ausrüstung verbessert sich zu vernünftigen Kosten

*Indikator: Fünf Benutzungen des Labors durch lokale Akteure innerhalb des ersten Jahres*

In Zusammenarbeit mit TEDC wurden verschiedene Kurse für indonesischen Gewerbeschullehrer durchgeführt, im Juni 2011 folgt ein weiterer. Zudem wurden in zwei Trainings Hersteller aus Sulawesi und Sumatra ausgebildet. Diverse Hersteller haben ihr Interesse an zusätzlicher Ausbildung durch HYCOM ausgedrückt.

### 3 - Die Anlage hat Demonstrationscharakter und ist mit dem Stand der Technik entsprechenden Komponenten ausgestattet. Somit können Ausbildungskampagnen und andere Veranstaltungen im Bereich der Kleinwasserkraft durchgeführt werden. Dies ermöglicht den Aufbau eines lokalen Netzwerks und erlaubt, in Ergänzung mit dem Kontakt zu internationalen Akteuren, einen breiten Wissenstransfer. Die Anlage soll den Status eines unabhängigen Kompetenzzentrums erlangen, als Drehscheibe im Bereich Kleinwasserkraft fungieren und die Aktivitäten der verschiedenen lokalen Akteure koordinieren. Lokale Produzenten haben eine Möglichkeit, sich und Ihre Produkte einem interessierten Publikum zu präsentieren.

*Indikator: Mindestens drei geschulte Betreiber des Hydrauliklabors, die die Funktionalität des Labors kennen und nutzen können, und welche externe Anfragen kompetent beantworten.*

Zu Beginn stellen vier TEDC Mitarbeiter den Betrieb sicher<sup>7</sup>. Diese wurden im Herbst 2010 durch Mitarbeiter der Entec geschult. Während der Inbetriebnahme wird ein zusätzlicher Techniker ausgebildet. Diese Arbeiten werden seitens der Entec durch vier Mitarbeiter unterstützt.

#### 4 - Die Vernetzung des lokalen und internationalen Know-hows verbessert die Konkurrenzfähigkeit auch im internationalen Umfeld und vereinfacht somit den Marktzutritt insbesondere für lokale KMU's.

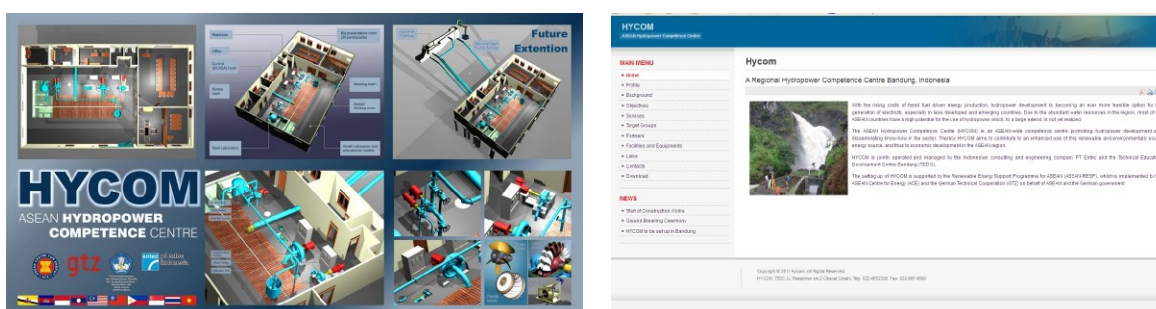
Die Promotionsaktivitäten als auch die seit Anfang des Projekts durchgeführten Trainingsmassnahmen haben sich in der Branche schnell herumgesprochen. Die vielen, bereits erwähnten Ausbildungsmassnahmen für Interessenten aus aller Welt sprechen für sich. Die Klimaerwärmungs-Problematik hat dabei die Nachfrage zusätzlich angetrieben. Von dieser starken internationalen Vernetzung haben auch die indonesischen Turbinenhersteller profitieren können und dank Vermittlung von HYCOM Turbinen- und Turbinenzubehör beispielsweise nach Äthiopien, Madagaskar und Nigeria liefern können.

#### Kleinwasserkraftwerke als günstige, lokal verfügbare erneuerbare Energie, wird einer breiteren Öffentlichkeit vertraut.

Das Potenzial der Kleinwasserkraft ist bei weitem nicht ausgeschöpft, und leider ist der Zuwachs auch heute im Vergleich zu anderen Energieträgern bescheiden. Dies ist insbesondere dadurch zu erklären, dass die Umsetzung von Kleinwasserkraftprojekten zeit- und kostenintensiv ist. Die Rentabilität erlangt ein Projekt erst in der Betriebsphase, die Investitionskosten für fossil betriebene Kraftwerke sind hingegen massiv tiefer. Tabelle 8 bestätigt dies auf bedenkliche Weise.

Für ein zukünftiges Umdenken braucht es in erster Linie Ausbildung. Je mehr ausgebildete Fachkräfte sich auf dem Stellenmarkt befinden, desto schneller wird der Trend zu erneuerbaren Energien einsetzen. HYCOM setzt genau hier an, und mit der Etablierung des Zentrums darf die Trendwende in wenigen Jahren erwartet werden.

Tabelle 11: Promotion von HYCOM mittels Broschüren und Webseite



<sup>7</sup> Es sind dies Iman Permana, DRS. Chrestian Mamesah, Niamul Huda, Satrio Widodo von TEDC und ADE Muhajir von pt Entec

## 6 BEURTEILUNG UND AUSBLICK

Die Implementierung des Projektes erforderte deutlich mehr Zeit und Kosten als erwartet. Hindernisse in der Form von Bewilligungen, institutioneller Verankerung und schlechter Baugrund verursachten laufend neue Verzögerungen. Dementsprechend wurde der Zeitplan praktisch jährlich revidiert. Das Resultat übertrifft hingegen die Erwartungen bei weitem, konnten doch sämtliche Projektziele deutlich übertroffen werden. Dies war nur durch die unkomplizierte Finanzierungszusage und die Geduld bei der Umsetzung des Projekts möglich. Dafür möchten wir uns bei der REPIC bestens bedanken!

HYCOM wird im Juni 2011 offiziell eröffnet. Aufgrund der insbesondere beim Bau entstandenen massiven Mehrkosten sind die finanziellen Reserven, welche für den Start der Betriebsphase geplant waren, aufgebraucht. HYCOM kann nur Überleben, wenn die Infrastruktur intensiv genutzt wird. HYCOM sucht dazu nicht nur Kunden, sondern aktuell auch Geldgeber für die Finanzierung von drei Kursen für Projektentwickler, Betriebspersonal und Geldgeber und ist diesbezüglich mit Interessenten in Kontakt.