

ODA-UNESCO project:
Promotion of energy science education for
sustainable development in Lao PDR

ບົດທີ 5: ພະລັງງານທິດແກນ
ໄພພ້ານຕື່ຕິກຂະໜາດນ້ອຍ

Small-scale Hydropower

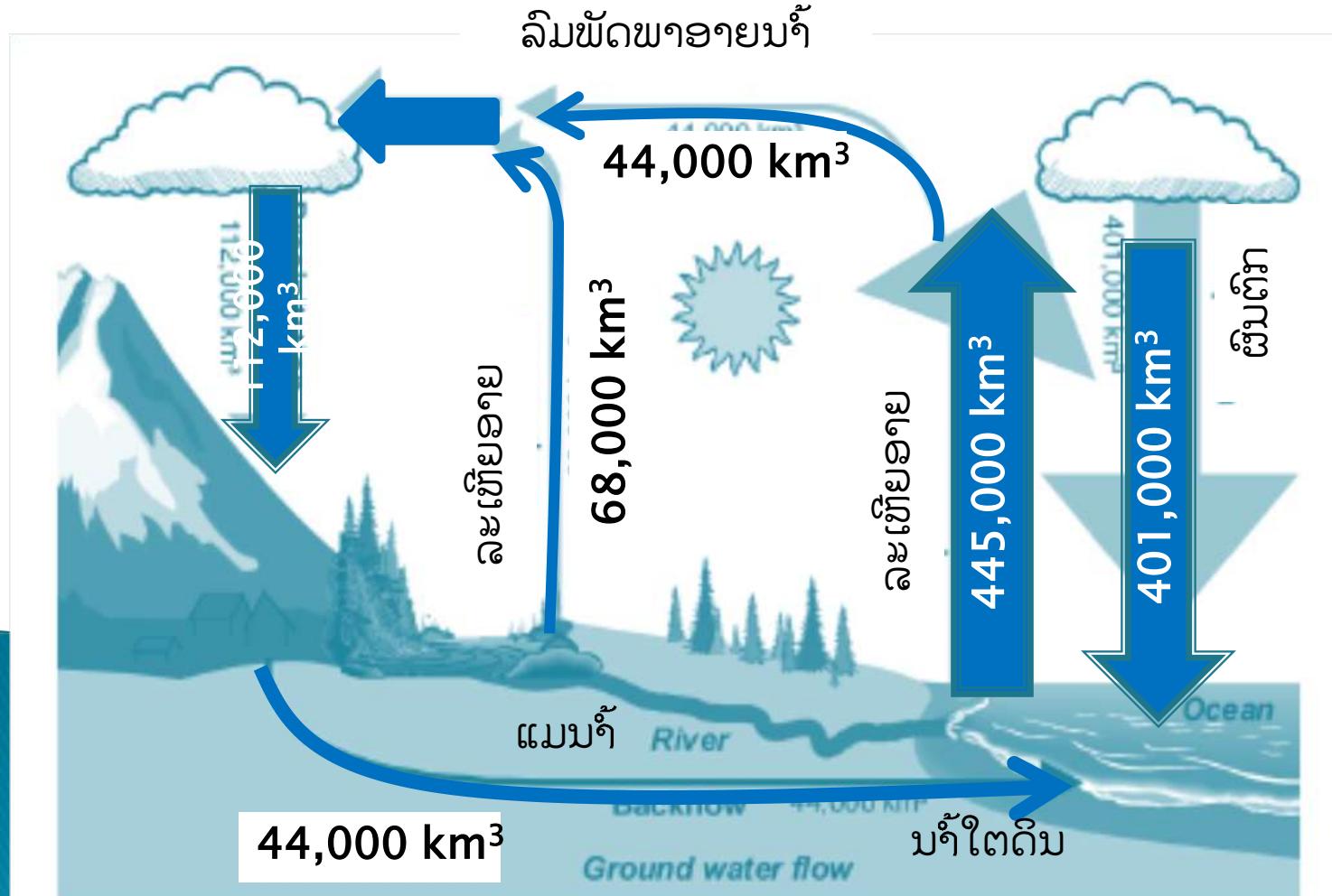
By: Dr Khamphone Nanthavong
Faculty of Engineering, National University of Laos

Contents

- **ພນຖານໄ泻ຟ້ານຕົກ (Fundamentals of Hydropower)**
- **ເຫດຜົນໃດຈົງກັງວກັບໄ泻ຟ້ານຕົກຂະໜາດນ້ອຍ? (Why Small-scale Hydropower?)**
- **ການປະເມີນທ່າແຮງໄ泻ຟ້ານຕົກຂະໜາດນ້ອຍ (Small-scale hydropower Potential assessment)**
 - ✓ **ການວິເຄາະທາງອຸທິກະກະສາດ (Hydrological Analysis)**
 - ✓ **ການສໍາໜູວັດທັງ (Site survey)**

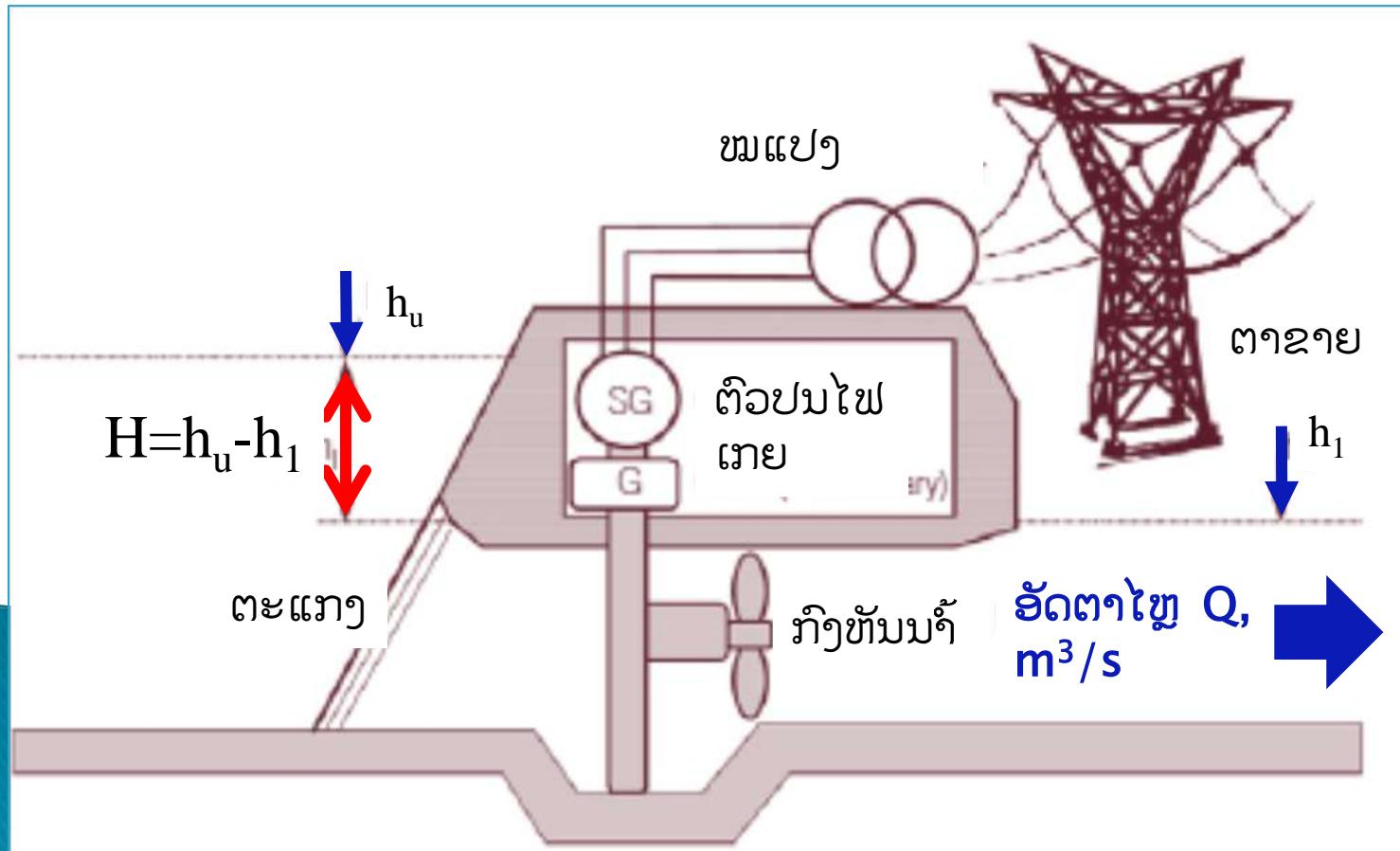
ພື້ນຖານໄພພັນດີຕິກ (Fundamentals of Hydropower)

ຮອບວຽນອຸທິກກະສາດ Hydrological cycle



ພື້ນຖານໄພພໍານົດຕິກາ

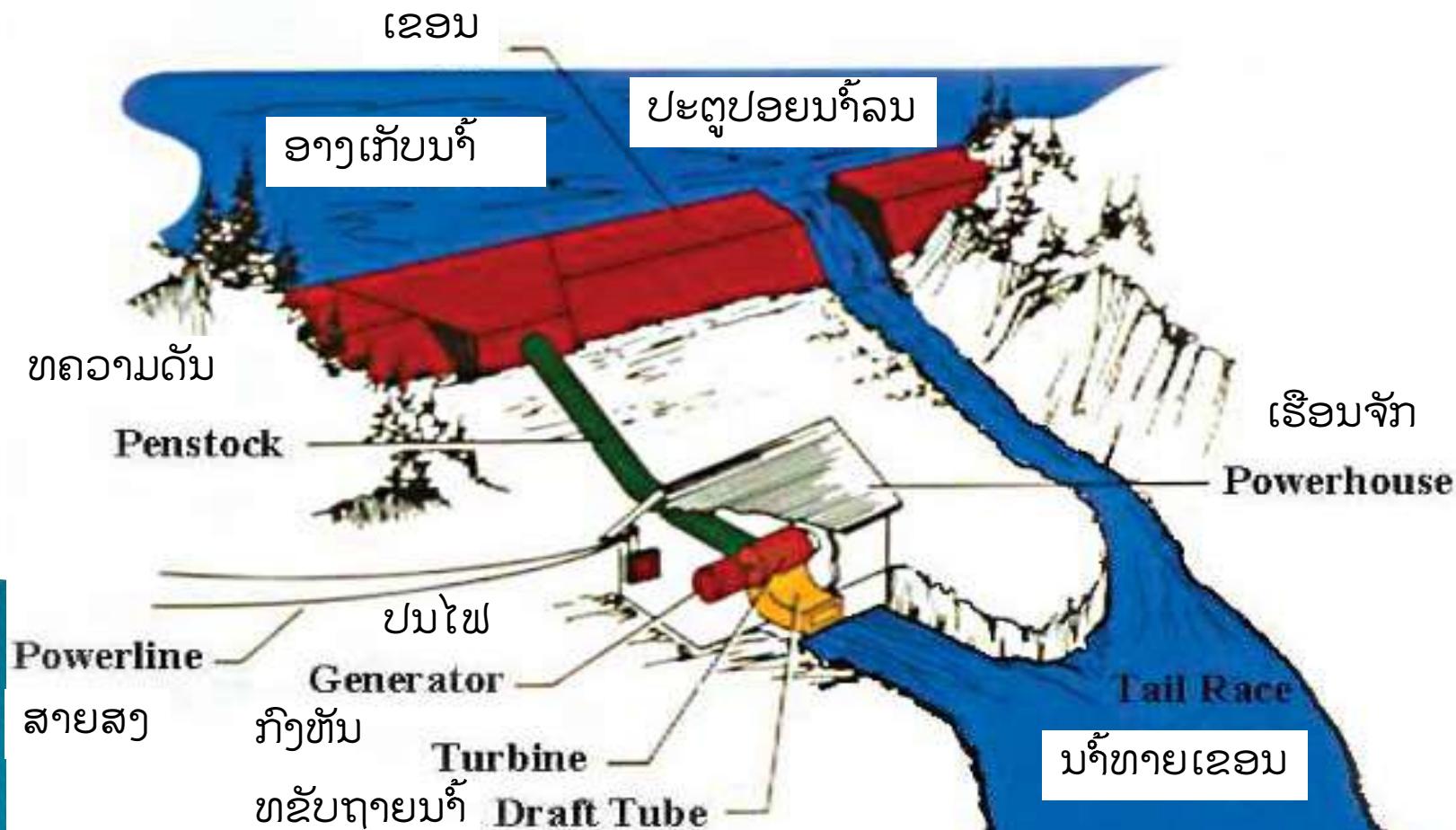
•ຫຼັກການໂຮງງານໄພພໍານົດຕິກາ



ພື້ນຖານໄພພໍານົມຕົກ

ລວມປະກອບຂອງໂຮງງານໄພພໍານົມຕົກ

COMPONENTS OF A HYDRO SYSTEM



ພື້ນຖານໄຟຟ້ານຈຳຕິກ

ການຈັດແບງກຸມໄຟຟ້ານຈຳຕິກ

• **ຈັດແບ່ງຕາມກໍາລົງຕິດຕາງ**

- PICO <1 kW, (ບາງປະເທດ <5 kW)
- ໄມໂກຣ MICRO: 1-100 kW (ບາງປະເທດ <200 kW)
- ມີນີ Mini 100-1000 kW
- ນອຍ Small 1-10 MW (**ຢູ່ລາວ <15 MW**)
- ໄຟຟ້າຂະໜາດໃຫຍ > 10 MW

• **ຈັດແບ່ງຕາມລະດັບຄວາມສູງນໍ້າໄຕນ**

- ນໍ້າໄຕນຕໍ່ Low head (<15 m)
- ນໍ້າໄຕນປານກາງ Medium Head (15-50 m)
- ນໍ້າໄຕນສູງ High head (> 50 m)

พื้นฐานไฟฟ้าน้ำด้วย กำลังต่ำกว่า 1 kW

PICO ($\leq 1 \text{ kW}$)



ພື້ນຖານໄຟຟ້ານຈຳຕົກ ຈັດແບ່ງກຸມ

80kW



MICRO
6–100 kW

70kW



55 kW

ພນຖານໄພພານາຕາ ຈັດແບ່ງກຸມ

MINI (101–1000 kW)



500 kW



ພិនຖានໄដផ្ទាមតិកា: ចំណែកបៀវត្ស

2 MW

Small (< 15MW)



ພື້ນຖານໄຟຟ້ານົ້ວຕິກ ຈັດແບ່ງກໍມ ຂະໜາດໃຫຍ(> 10 MW)



ຊເຊອນ	ປະເທດ	ກຳລັງຕິດຕາງ
ນົ້ງມ 1	Laos	150 MW
ນົ້ງເທິນ 2	Laos	1098 MW
ເຊອນ TAIPU	Brazil-Paraguay	14,000 MW
ເຊອນ Three Gorges	China	22,000 MW

- ພື້ນຖານໄຟຟ້ານດັບຕົກ:
ເຊື່ອນຂະໜາດນ້ອຍ (Run-off river scheme)
→ ມີອ່າງຄວາມດັນກ້ວາງໃຫຍ່ກ່ວາ



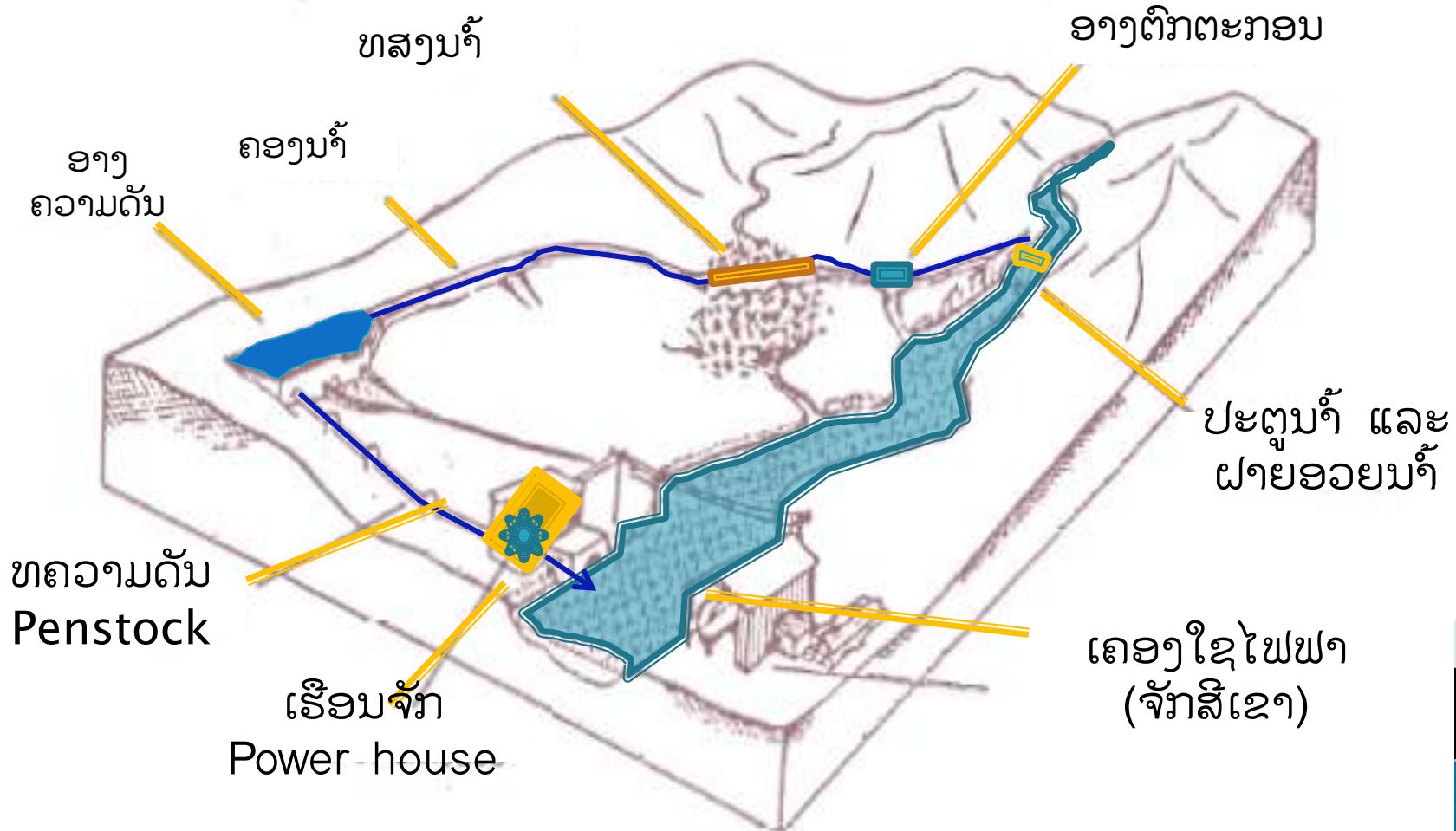
➤ Run-off river scheme with Enlarged forebay

ພື້ນຖານໄຟຟ້າມດັຕິກາ:
ຈັດແບ່ງກຸ່ມ

- **ແບ່ງຕາມເປົາມາຍສະໜອງໄຟ**
 - ລະບົບໂດດດູວ ຫຼື ໃຊ
ສະເພາະ (ມີຕະຂາຍນອຍ)
 - ເຊອມຕາຫຼາຍ: ເພອປອນ
ໄຟຟ້າໃຫຕາຫຼາຍແຫ່ງຊາດ

ພື້ນຖານໄພພໍານຳຕົກາ: ຈັດແບ່ງກຸ່ມ

ສວນປະກອບຂອງໄພພໍານຳຕົກາຂະໜາດນ້ອຍ



ເປັນຫຍັງຈຶ່ງຫັນມາໃສ່ໃຈໄຟຟ້ານີ້ຕົກຂະໜາດນີ້ອຍ

• ຈຸດດີ ຂອງລະບົບໄຟຟ້ານີ້ຕົກຂະໜາດນີ້ອຍ

- ✓ ນຳໃຊ້ແຫຼ່ງພະລັງງານ ຫຼືກິດແທນຄືນໃໝ່ໄດ້ເອງ
- ✓ ເປັນແຫຼ່ງພະລັງງານຢູ່ທ້ອງຖິ່ນ, ບໍ່ມີວັນສິ້ນສຸດ
- ✓ ສາມາດແທນທີ່ແຫຼ່ງພະລັງງານດັ່ງເດີມ (ນຳມັນ)
- ✓ ນຳໃຊ້ເຕັກໂນໂລຊີ ຫຼືຜ່ານການກິດສອບມາດີ ແລ້ວ
- ✓ ຜົນກະທິບຕໍ່ສິງແວດລ້ອມຂ້ອນຂ້າງຕໍ່າ

ເປັນຫຍໍາຈຶ່ງຫັນມາໄສ່ໃຈໄຟຟ້ານຳຕິກະະໝາດນີ້ອຍ?

• ຈຸດດີ ທຽບກັບແຫຼ່ງພະລັງງານທິດແກນອື່ນໆ

- ✓ ປະສົດທິພາບສູງ (70-90%)
- ✓ ດັດສະນິກຳລົງຕັດຕັງສູງ - 50% (PV-10%,
ລົມ-30%) → ແມ່ນສົມສົ່ງລົບລະບົບຍຸດ
ສາມາດຄາດເດືອນວົງໝາໄດ້ ຍອນແຫຼ່ງນຳຕິກ
ຂຶ້ນກັບປະລົມຈຸນິມຕິກູ
- ✓ ອັດຕາການປຸງປັງຂອນຂ້າງໜ້າ, ເປັນໄປຕາມ
ລະດູການ → ຈຶ່ງສາມາດປັບໃຫ້ເຂົ້າກັບກວາມ
ຕອງການໄດ້
- ✓ ອຸປະກອນມີຄວາມທິນທານສູງ, ໄຊ້ງານຍາວນານ

ເປັນຫຍໍາຈຶ່ງຫັນມາໃສ່ໃຈໄຟຟ້ານຳຕົກຂະໜາດນີ້ອຍ?

• ຈຸດດືອນໆ:

- ✓ ໃນທາງເລືອກອິນ, ພະລັງງານນຳຕົກສາມາດໃຊ້ເປັນແຫ່ງງານກິນຈັກໄດ້ ສໍາລັບ ໂຮງສີເຂົ້າ, ສູບນຳ
- ✓ ຍຸອນມີຂະໜາດນີ້ອຍ → ຊຸມຊືນຫຼັອງຖິ່ນສາມາດເຊີ້ມາ ມີສວນຮວມໃນໂຄງການໄຟຟ້ານຳຕົກຂະໜາດນີ້ອຍ
- ✓ ເພົາສືມສໍາລັບການສະໜອງໄຟຟ້າແບບກະແຈກ ກະຈາຍ (ບໍລວມສູນ)
- ✓ ສົ່ງເສີມການຜະລິດອາໄຫຼ໌ ບາງອັນ ຢູ່ຫຼອງຖິ່ນໄດ້
- ✓ ສາມາດນຳໃຊ້ແຫ່ງວັດສະດຸກໍສາງ ທີ່ຫາໄດ້ໃນຫຼອງຖິ່ນ

ເປັນຫຍໍາຈຶ່ງໜັນມາໃສ່ໃຈໄຟຟ້ານດີຕົກຂະໜາດນີ້ອຍ?

• ຈຸດອອນ:

- ✓ ມີຕົ້ນທຶນການກໍ່ສ້າງສູງກວ່າ (ຕາມເຄີຍ > 2000 US\$/kW)
- ✓ ຕ້ອງມີຜູ້ຊໍານານງານ ເພື່ອມາດູແລກສາລະບົບ
- ✓ ການບໍາລຸງຮັກສາບໍ່ຫຼວງຫຼາຍ ແຕ່ຕ້ອງໃຫ້ຕໍ່ເນື້ອງ, ແຕ່ຊຸມຊົນທີ່ອງຖິ່ນ:
 - ຊາດບຸກຄະລາກອນ ທີ່ມີຄວາມສາມາດ
 - ຊາດງົບປະມານສະໜັບສະໜູນ

ພື້ນຖານໄຟຟ້າມຈຳຕົກຂະໜາດນ້ອຍ

•ພະລັງຂອງມຳຕົກ

ພະລັງງານທາຕາງຂອງວັດຖຸ ບໍາມີມວນສານ m (kg) ແລະຢູ່ສູງ h (m)

$$E = m \times g \times h$$

ກຳລັງງານທັງໝົດ

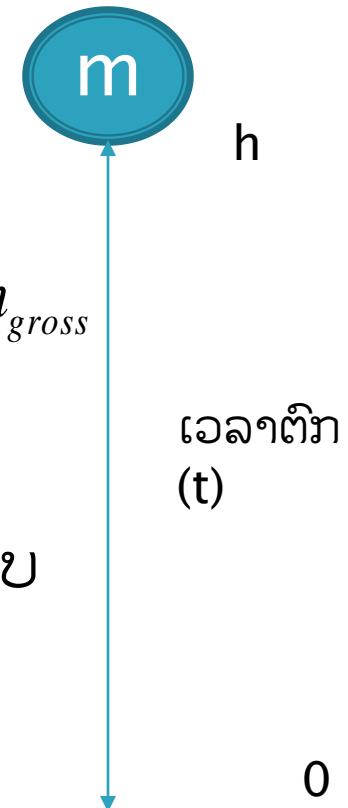
$$P_{gross} = \frac{E}{t} = \frac{m}{t} \times g \times h_{gross} = \frac{\rho \times V}{t} \times g \times h_{gross} = Q \times \rho \times g \times h_{gross}$$

(V - ບໍລິມາດນໍ້າຕົກ; ρ -ຄວາມໝາເໝານຂອງມຳ)

$$\eta_o = \frac{P_{net}}{P_{gross}} \quad \eta_e = \text{ປະສິດທິພາບລວມໃນການແປຮູບພະລັງງານ (\%)$$

$$\Rightarrow P_{net} = \eta_o \times \rho \times g \times Q \times h_{gross}$$

(P_{net} - ກຳລັງງານສຸດທິ



0

ພື້ນຖານໄຟຟ້ານດີຕູກຂະໜາດນ້ອຍ

•ກໍາລັງງານຈາກນໍາ

ພະລັງງານສຸດທິ

Power Output



ເສຍໃນລະບົບ
ສາຍສິ່ງ 10%

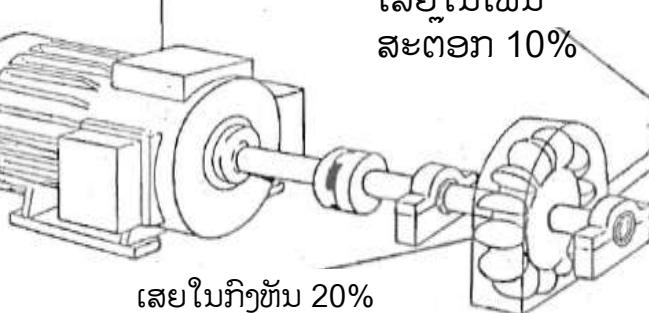
ເສຍໃນໜີ້ແປງລົງກແລະ
ຜອນໄຟ ປະມານ 4%

ເສຍໃນເຄື່ອງບັນ
ໄຟປະມານ 15%

ເສຍໃນເພັນ
ສະຕອກ 10%

ພະລັງງານນຳຫັງ
ໜຶດ Input Power
(100%)

ເສຍໃນ
ຄອງສິ່ງນຳ
~ 5%



ເສຍໃນກົງຫັນ 20%

$$g = 9.8 \text{ m/s}^2; \\ \rho = 1000, \text{ kg/m}^3;$$

$$\eta_o = \eta_{channel} \times \eta_{penstock} \times \eta_{turbine} \times \eta_{generator} \times \eta_{transformers} \times \eta_{transmission}$$

$$= 0.95 \times 0.90 \times 0.80 \times 0.85 \times 0.96 \times 0.9 = 0.5$$

$$P_{output} = \eta_o \times P_{input} = \eta_o \times Q \times \rho \times g \times h_{gross} = 0.5 \times 1000 \times 9.8 \times Q \times h_{gross}, \text{ W}$$

$$P_{output} = 5.0 \times Q \times h_{gross}, \text{ kW}$$

ການສຶກສາທ່າແຮງໄຟຟ້າມຈົ້ຕິກຂະໜາດນີ້ອຍ

ຂນຕອນໃນການດຳເນີນງານ

1) ການສຶກສາຂໍ້ມູນທາງອຸທິກກະສາດ (ການສຶກສາເທິງແຜນທ)

- ✓ ເພື່ອສຶກສາເບິງເງື່ອນໄຂທາງພູມສາດ, ອຸທິກກະສາດ ແລະ ເສດຖະກິດສັງຄົມຂອງຈຸດເປົາໝາຍ
- ✓ ອາດບອກໄດ້ທາແຮງໄຟຟ້າມຈົ້ຕິກ ໂດຍຫຍັງບ້ັນລົງສຳຫຼວດ
- ✓ ອາດຮູ້ໄດວ່າ ແດນນູ່ບມືທາແຮງໄຟຟ້າມຈົ້ຕິກເລີຍ ໂດຍຫຍັງບ້ັນລົງສຳຫຼວດ → ເປັນການປະຢັດ
- ✓ ຄວາມແນນອນຂອງການຕິລາຄາໃນຂນຕອນປະມານ $\pm 30\%$

ການສຶກສາທ່າແຮງໄຟຟ້ານດີຕິກະະໜາດນ້ອຍ

2) ການລົງຢູ່ມຢາມເພອຫາບຫາມ

ລົງໄລຍະສນ (ປະມານ 1 ມ) ເພອກວດກາທຸກເບິງ ຜົນ
ການສຶກສາຢູ່ຫອງການ ກຽວກັບ:

- ✓ ທາແຮງທມືຈົງ
- ✓ ຄວາມຕອງໃຊ້ໄຟຟ້າຕິວຈົງ
- ✓ ການເຂົາເຖິງພນຫ

ການສຶກສາທ່າແຮງໄຟຟ້ານດີຕິກະຊະໝາດນີ້ອຍ

3) ການສຶກສາກາຄວາມເປັນໄປໄດເບອງຕົ້ນ

- ✓ ເພອບອກໄດວ່າ ກໍລະນີໂຄງການທີ່ເປັນໄປໄດ ກວາມໝູ້, ຫາງເລື່ອກທິກວາມໝູ້ສໍາລັບການພັດທະນາໂຄງການ
- ✓ ກວດສອບເບົງການປະເມີນທ່າແຮງເບອງຕົນໃຫລະອຸງດກວາ
- ✓ ຄວາມແນນອນໃນການຕິລາຄາ: $\pm 20-25\%$

ການສຶກສາທ່າແຮງໄຟພໍາມດີຕົກຂະໜາດນີ້ອຍ

4) ການສຶກສາຄວາມເປັນໄປໄດ້ (FS):

- ✓ ກວດສອບເບົງຄືນວ່າ ແຜນທະສະເໜີໄປນັ້ນ
ເປັນໄປໄດ້ແທ້ລື້ບໍ່?
- ✓ ນັກລົງທຶນຈະຕັດສິນໃຈບນພນຖານຜົນ
ການສໍາຫຼວດ FS ນີ້
- ✓ ຄວາມແນນອນໃນການຕີລາຄາ: $\pm 10-15\%$

ການສຶກສາເທິງແຜນທີ່ (ສຶກສາກັບໂຕະ)

❖ ການວິເຄາະຫາງອຸທິກວາກສາດ

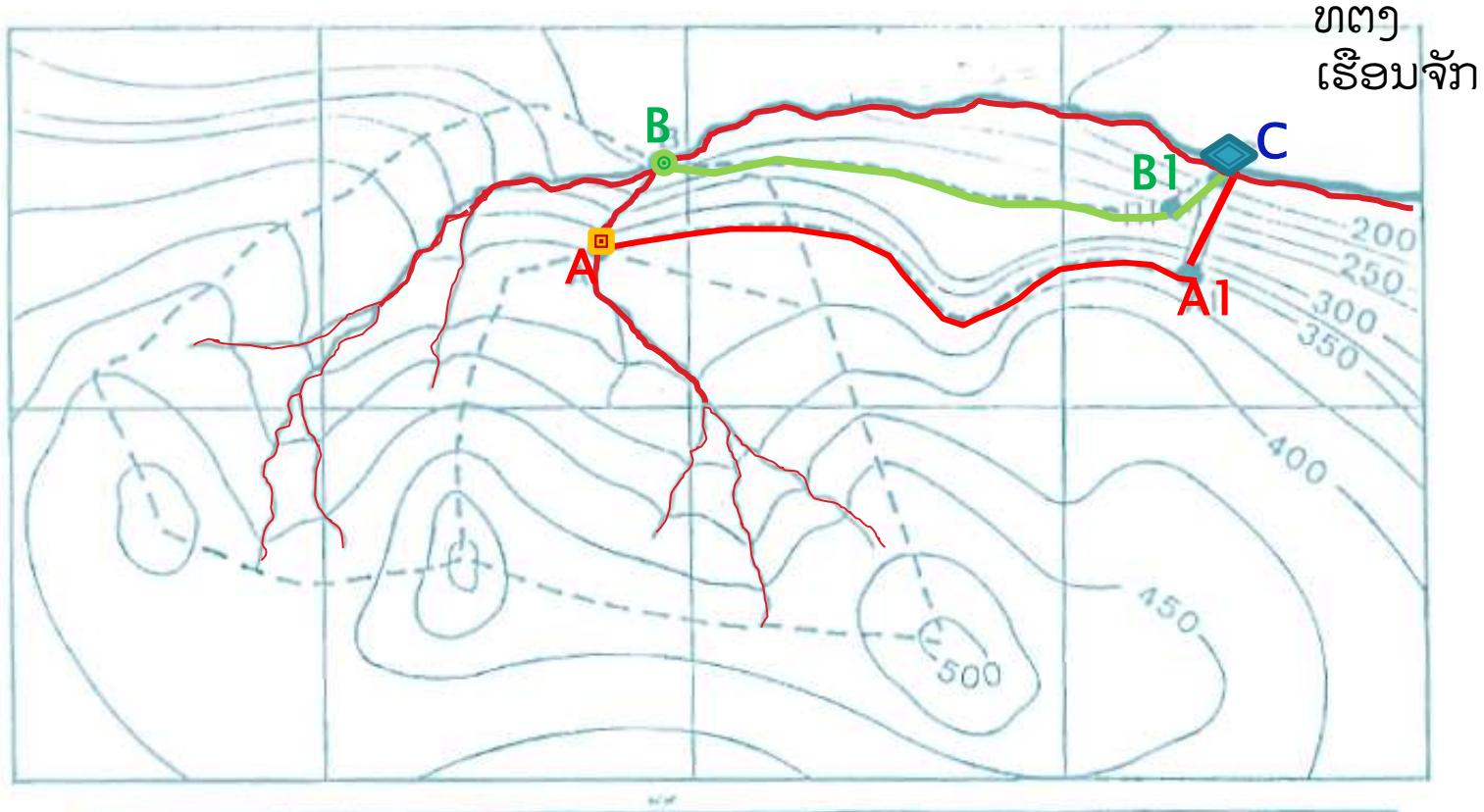
- ✓ ເພື່ອຄືດໄລ້ຮັດຕາການໄໝຕໍ່ສູດ
- ✓ ຄວນລົງໄປຢູ່ມຢາມຈຸດທຽງຂອງໂຄງການ ໃນຊວງມີນຳໄໝໝ່ອຍສູດ (ລະດຸແລງ)
- ✓ ອາດຕອງໄດ້ໃຊ້ແຜນວາດການໄໝ ແລະ ເສນສະແດງຊວງ
ເວລາແຫ່ງການໄໝ ມາເປັນຂໍ້ມູນການສຶກສາ;
ມີສອງວິທີ:
 - ວິທີອີ້ງໄສເນົາທະນາ ແລະ ປະລິມານນຳຝຶນ (Area-Rainfall method)
 - ວິທີຊ່ອມໄຍງ່ຄວາມສຳພັນ (Correlation method)

ການສຶກສາເທິງແຜນທີ່

- **ວິທີອີງໄສເນອຫ-ປະລິມານນຳຜົນ**
- ✓ ແຜນທທອງຖນ ມາດຕາສວນ 1:50,000;
1:20000 ຫຼື 1:10000 ຍັງດີ;
- ✓ ຂຸນສະຖິຕິທຈຳເປັນ
 - ປະລິມານນຳຜົນ (Rainfalls)
 - ແຜນສະແດງການໄໝຂອງແມນນຳ (Hydrograph)
 - ເສັນສະແດງຊວງເວລາການໄໝ (FDC)

ວິທີອີງໄສ່ເນື້ອທີ່-ປະລິມານນຳຜົນ

➤ ຕົວຢາງ: ວິທີຊອກຫາຈຸດໄຄາການ ຢູ່ເທິງແຜນທາງ

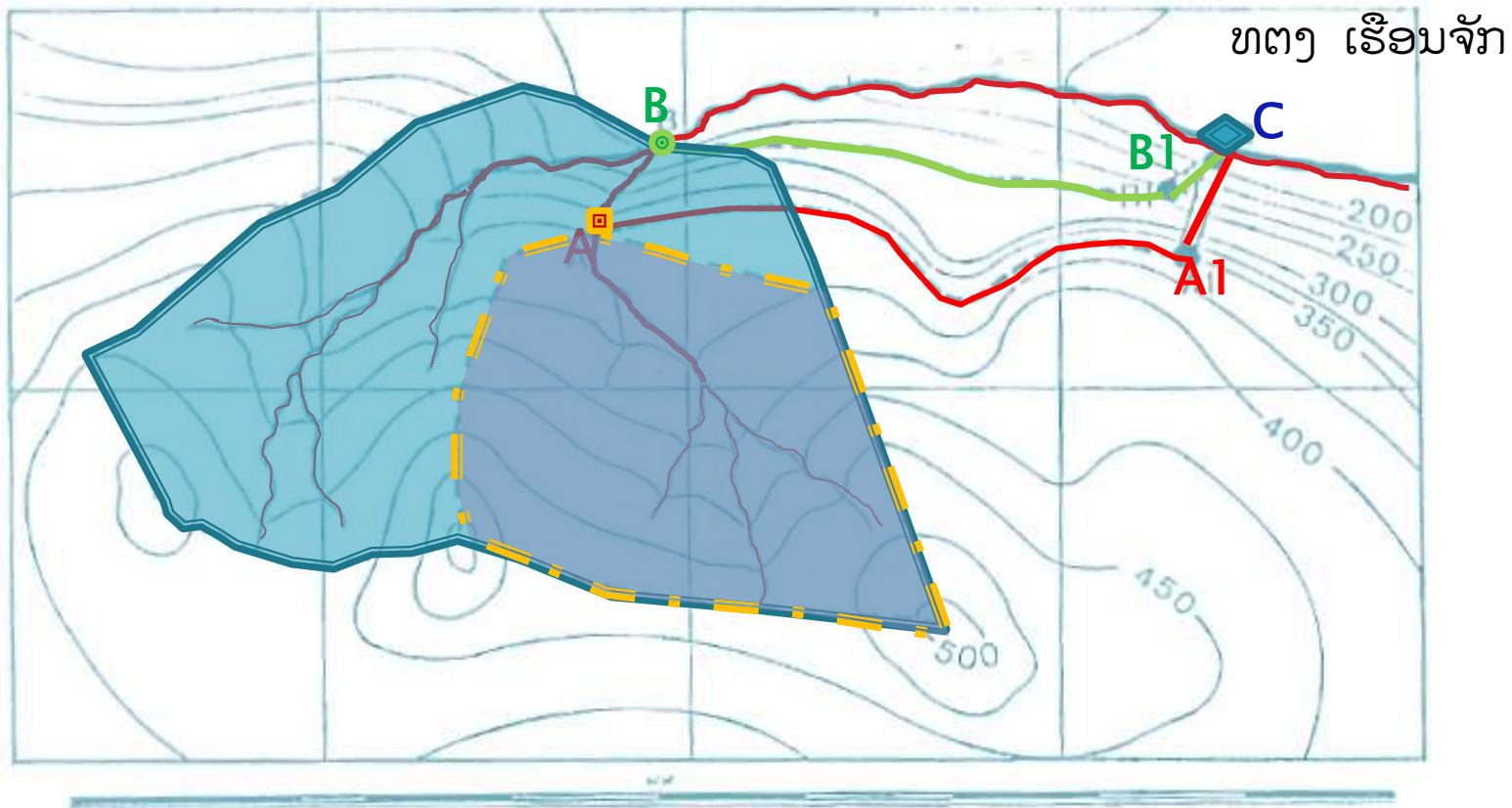


SCALE 1:83,300

ການສຶກສາເທິງແຜນທີ່

ວິທີອີງໄສເບອທ-ປະລິມານນຳຝົມ

•ການກຳນົດເມືອທອາງໂຕ

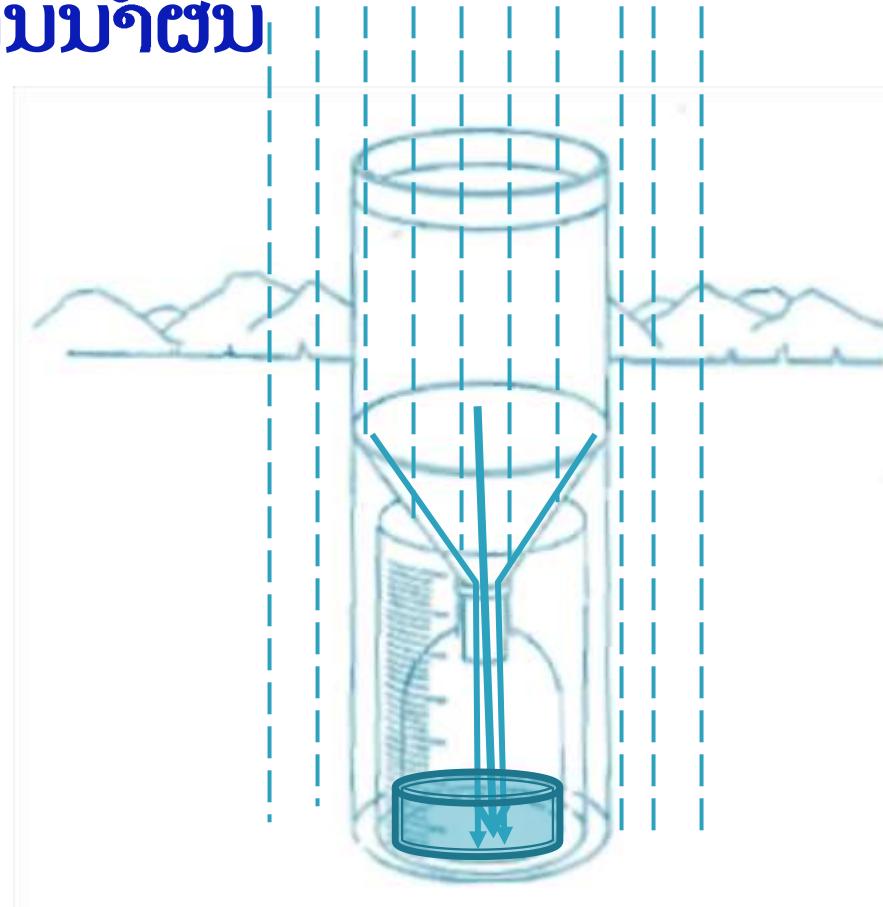


ການສຶກສາເທິງແຜນທີ່

ວິທີອີງໄສເນອທ-ປະລິມານນຳຜົນ

• ເຄອງວັດປະລິມານນຳຜົນ

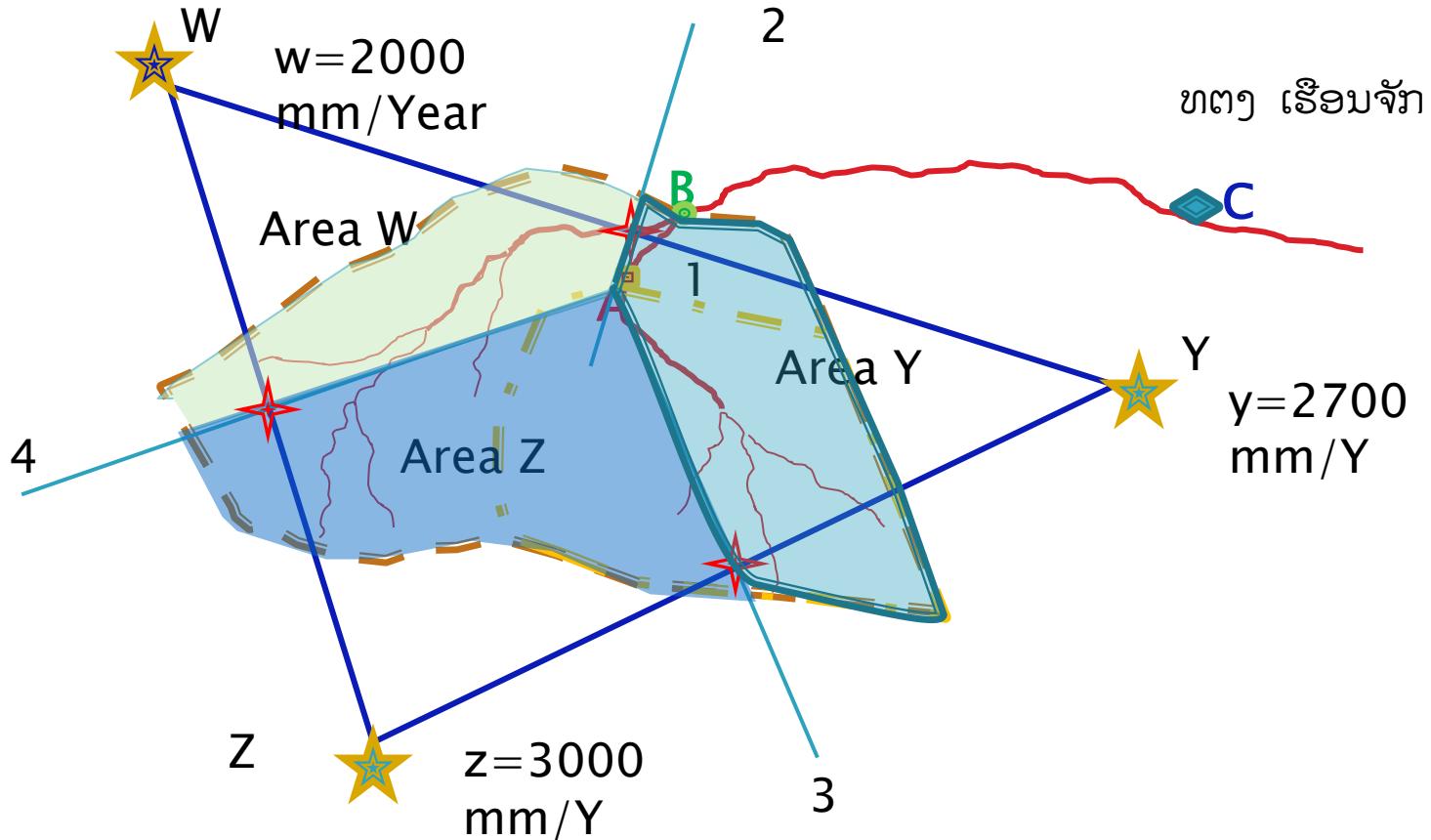
Rain gauge



ການສຶກສາເທິງແຜນທີ່

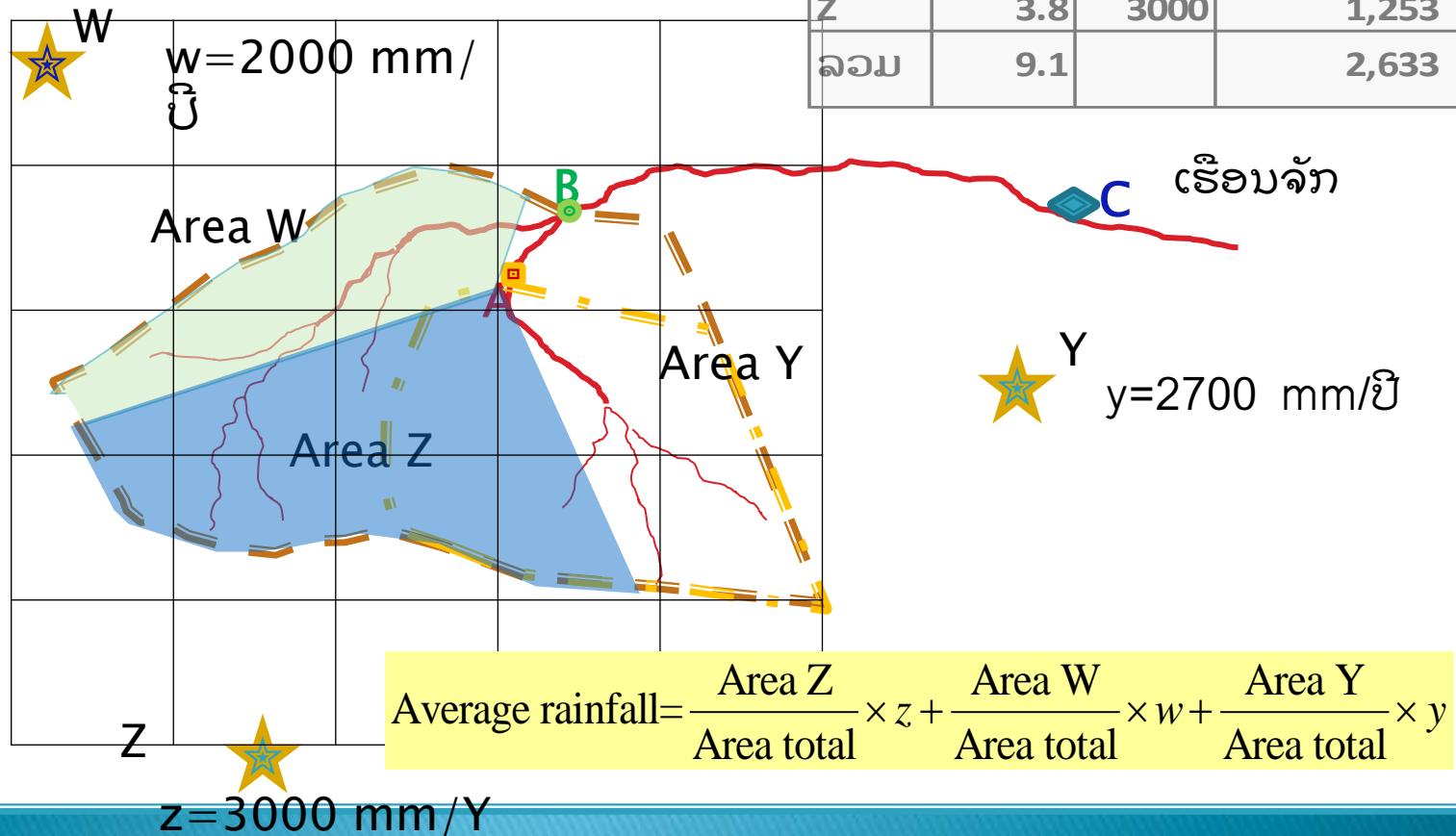
ວິທີອີງໄສເນອຫ-ປະລິມານນຳຝີນ

- ວິທີຄົດໄລປະລິມານນຳຝີນໃຊ້ເຂດອາງໂຕ



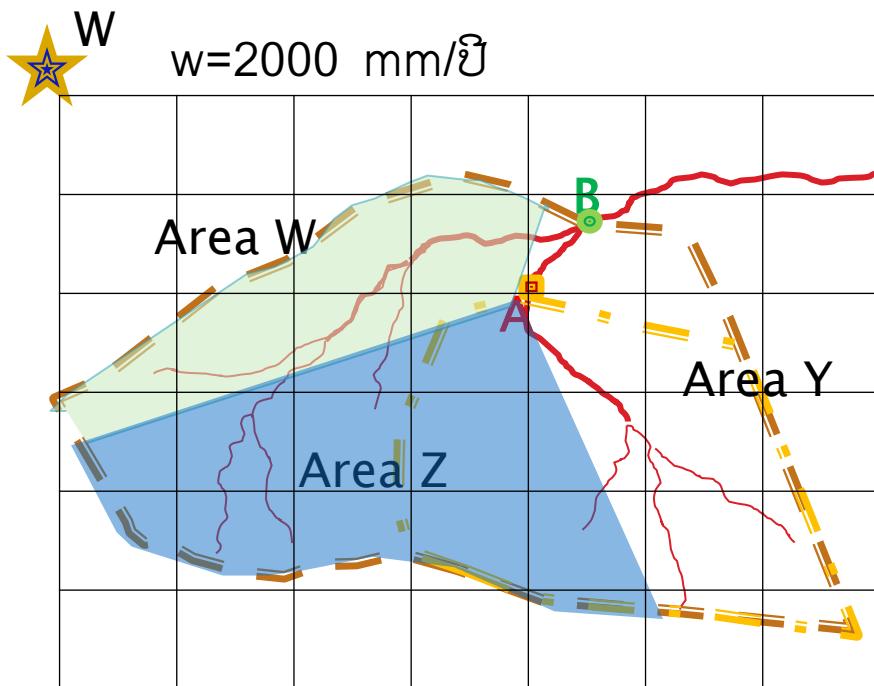
ການສຶກສາເທິງແຜນທີ່

- ວິທີອີງໄສເບອທ-ປະລິມານນຳຜົນ
- ຕົວຢ່າງການຄິດໄລປະລິມານນຳຜົນ



ການສຶກສາເທິງແຜນທີ່

- ວິທີໃຊ້ເນື້ອທີ່ແລະ ປະລິມານນ້ຳຜົນ
- ຕົວຢ່າງ ວິທີຄິດໄລ່ ປະລິມານນ້ຳຜົນສະເລ່ຍ



	Area	Rain falls	Proportion
W	4.5	2000	486
Y	6.5	2700	949
Z	7.5	3000	1,216
total	18.5		2,651
compared to case 1			2,633
Accuracy increased			0.70%

$$\text{Average rainfall} = \frac{\text{Area } Z}{\text{Area total}} \times z + \frac{\text{Area } W}{\text{Area total}} \times w + \frac{\text{Area } Y}{\text{Area total}} \times y$$

ການສຶກສາເທິງແຜນທີ່

□ຕົວຢ່າງ ວິທີຄິດໄລ ປະລິມານນັ້າຝົມ

W

w=2000 mm/ປີ



Z

z=3000 mm/ປີ

$$\text{Average rainfall} = \frac{\text{Area } Z}{\text{Area total}} \times z + \frac{\text{Area } W}{\text{Area total}} \times w + \frac{\text{Area } Y}{\text{Area total}} \times y$$

	Area	Rain falls	Proportion
W	10	2000	471
Y	14	2700	889
Z	18.5	3000	1,306
Total	42.5		2,666
Proposed Comapred to case 1 Power House			2,633
Accuracy			1.23%

Y

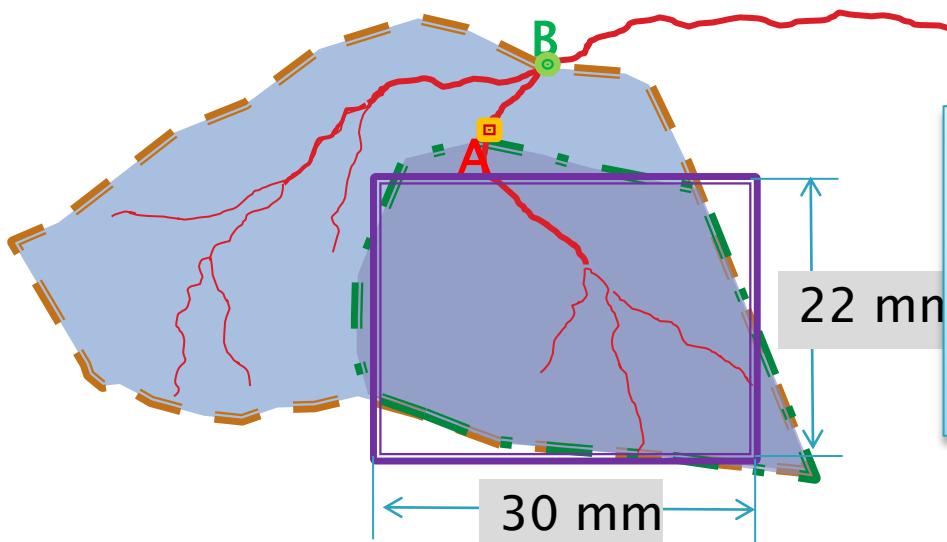
y=2700 mm/ປີ

ການສຶກສາເທິງແຜນທີ່

ວິທີຄົດໄລ່ເມືອທີ່ອ່າງໂຕ່ງ

ຕົວຢ່າງ : ຈຸດ A

ຂະໜາດເນື້ອທີ່ຮູບສິແຈ
 $= (30 \times 63.36) \times (22 \times 63.36)$
 $= 2.652 \times 10^6 \text{ m}^2$



ເນື້ອທີ່ອ່າງຕົວຈິງ
= ເນື້ອທີ່ 1 ຮູບສິແຈ
X ຈຳນວນຮູບສິແຈ
 $= 2.652 \times 10^6 \text{ m}^2$

1:63360

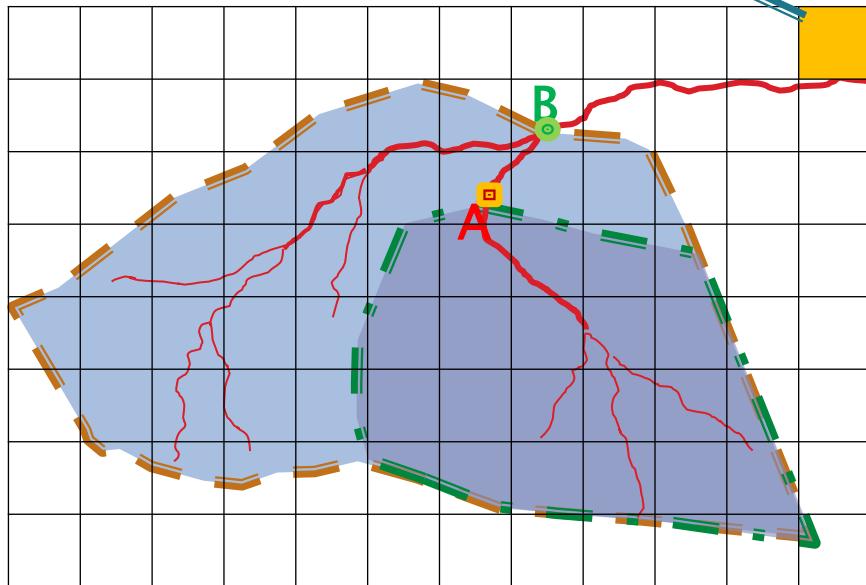
Map scale 1:63360

ການສຶກສາເທິງແຜນທີ່

ອາງໂຕງສໍາລັບຈຸດ A

- ຄືດໄລ້ອັດຕາການໄຫຼວສະເລ້ຍ (ADF)

4 mm x 4 mm



1:63360

Map scale 1:63360

ຂະໜາດຮູບສີແຈສາກ

$$=(4 \times 63.36) \times (4 \times 63.36), \text{ m}^2$$

$$= 144,658 \text{ m}^2$$

ຈຳນວນຮູບສີແຈ = 21;
ເນື້ອທີ່ອາງໂຕງ (ສໍາລັບ A)
= $21 \times 144,658$
= $3.04 \times 10^6 \text{ m}^2$

ນໍາຝີນ = 2666 mm/year
= $2.666 \text{ m}/\text{year}$
ບໍລິມາດນໍາຝີນ = ເນື້ອທີ່ອາງ \times
ນໍາຝີນ = $3.04 \times 10^6 \times 2.666 =$
 $8.1 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{year}$
 $ADF_A = 8.1 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{year}$
 $/ (365 \times 24 \times 60 \times 60 \text{ s}/\text{year})$
= $0.26 \text{ m}^3/\text{s}$

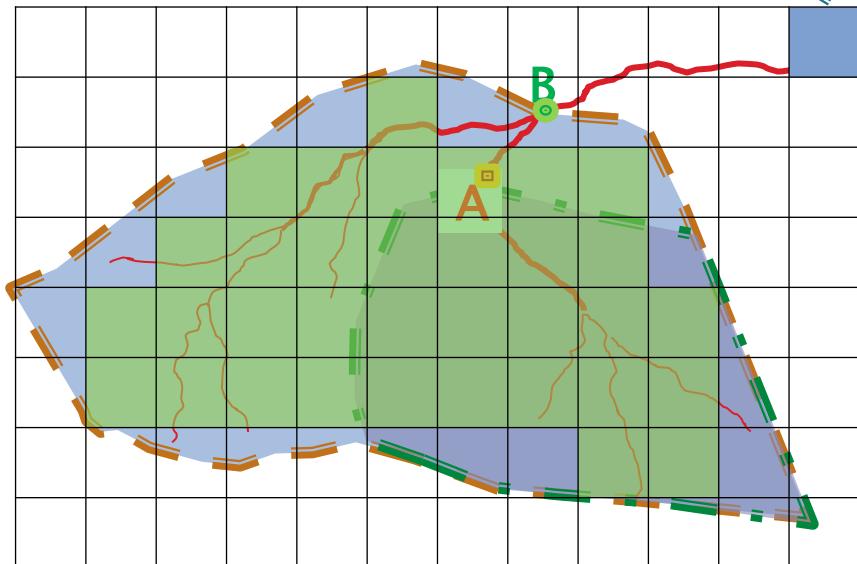
ການສຶກສາເທິງແຜນທີ່

ເນື້ອທີ່ອາງໂຕງສໍາລັບຈຸດ B

ຂະໜາດຮູບສື່ແຈ

$$=(4 \times 63.36) \times (4 \times 63.36), \text{ m}^2 \\ = 144,658 \text{ m}^2$$

4 mm x 4 mm



Proposed
Power House

C

1:63360

ມາດຕາສ່ວນຂອງແຜນທີ່: 1:63360

ຈຳນວນຮູບສື່ແຈສາກ (B) = 46
ເນື້ອທີ່ອາງໂຕງ (B):

$$= 46 \times 144,658 \\ = 6.654 \times 10^6 \text{ m}^2$$

ການສຶກສາເທິງແຜນທີ່

➤ປະລິມານນ້ຳໄຫຼອອກໄປ (Run-off river)

ປະລິມານນ້ຳຜົນ = $2666 \text{ m}^3/\text{ປີ} = 2.666 \text{ m}^3/\text{ປີ}$
ບໍລິມາດນ້ຳ = ເນື້ອທີ່ອາງໂຕງ \times ປະລິມານນ້ຳ
ຜົນ = $6.654 \times 10^6 (\text{m}^2) \times 2.666 (\text{m}/\text{ປີ}) = 17.74 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ປີ}$

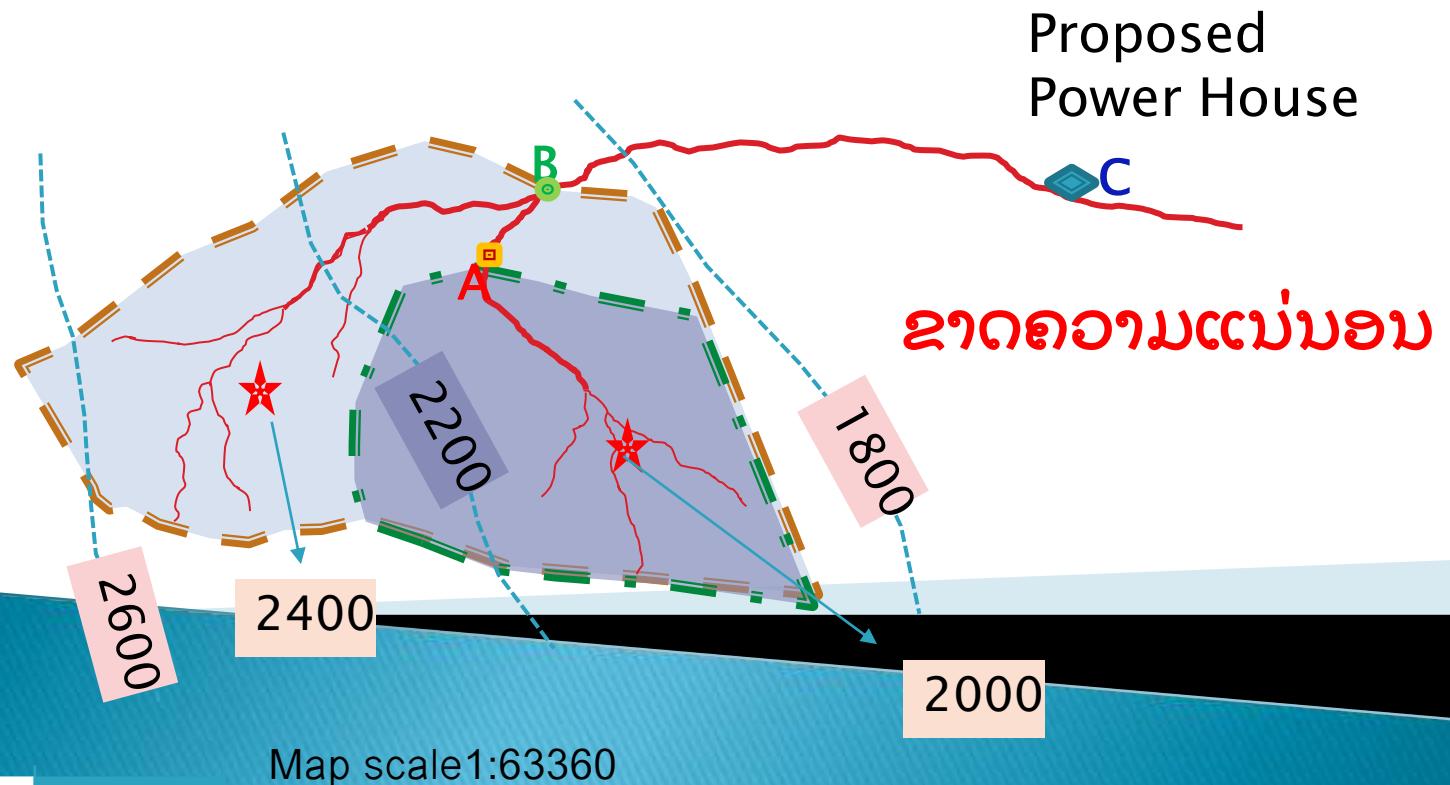
ອັດຕາການໄຫຼ້ $ADF_B = 17.74 \times 10^6 \text{ m}^3 / (365 \times 60 \times 60 \text{ s}/\text{ປີ})$
 $= 0.675 \text{ m}^3/\text{s}$

Run-off = ປະລິມານນ້ຳຜົນໃນປີ - ນ້ຳທີ່ລະເທິຍອາຍ

ການສຶກສາເທິງແຜນທີ່

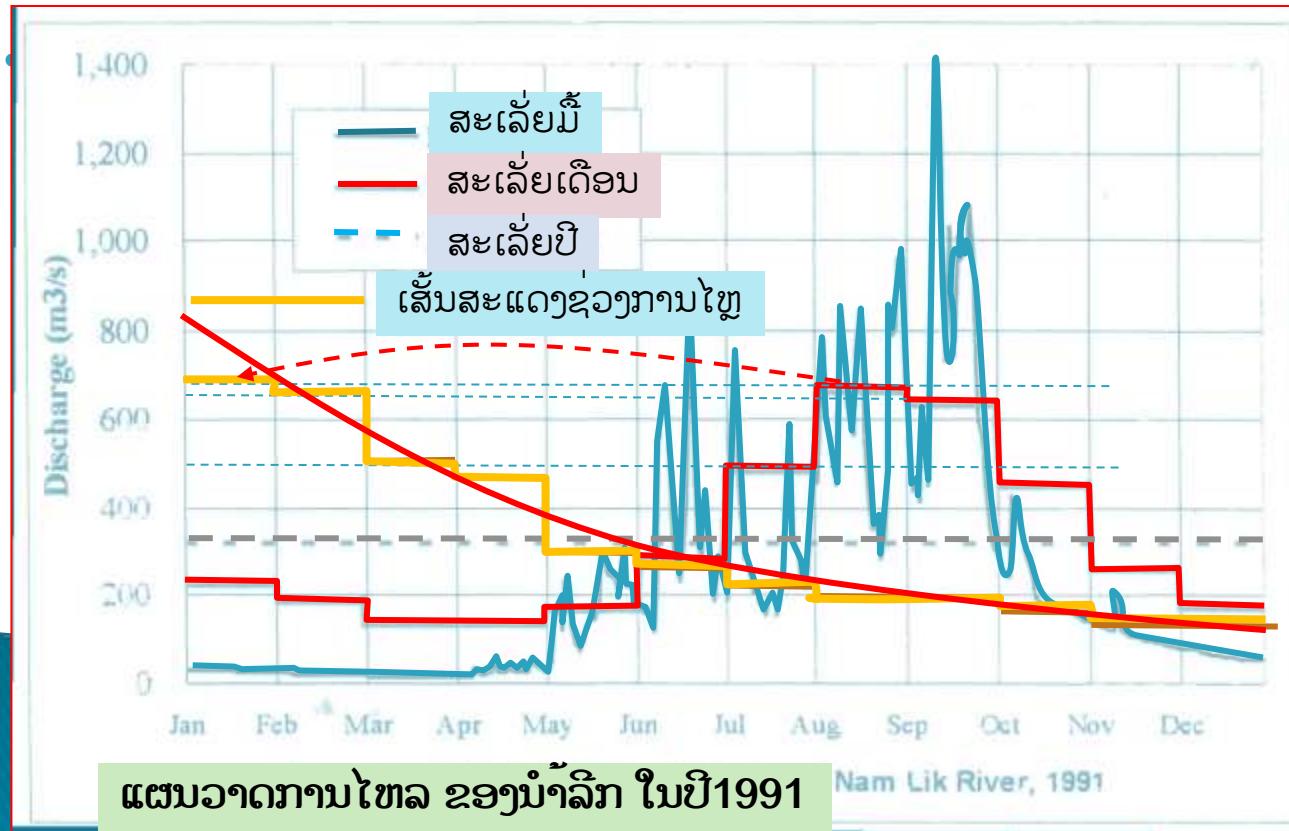
ໃນກໍລະນີ ບໍ່ມີສະຖານີວັດແຫກນຳຈຳເປັນ

ແຜຕົມີແຜນທີ່ ຜອນດ້ວຍເສັນສະແດງປະລິນານຳຈຳເປັນ



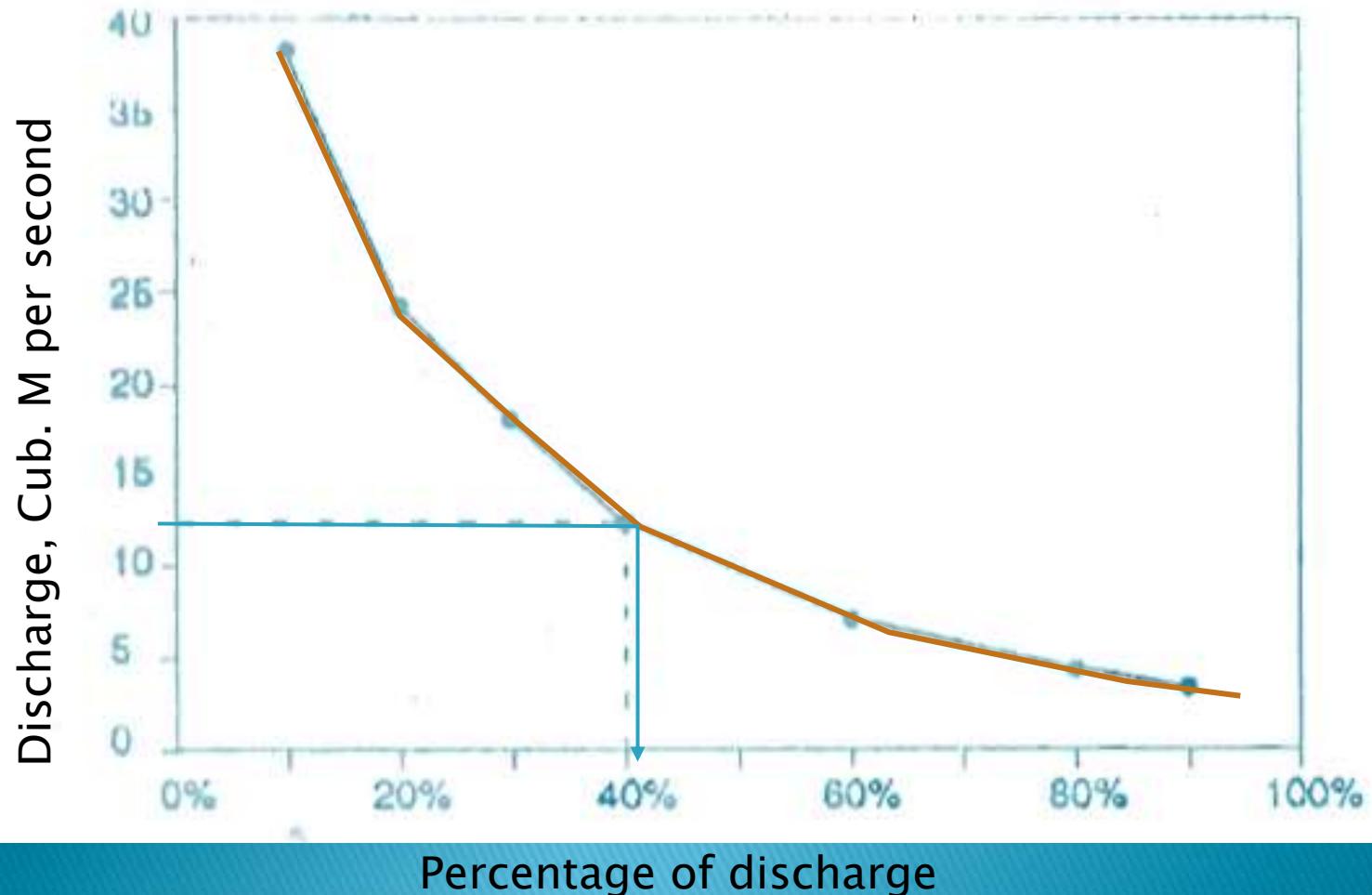
วิธีแข่งความสัมพัน (Correlation method)

- แผนจะดูงานไห (Hydrograph) และเส้นจะดูข้อกານไห (Flow duration curve)



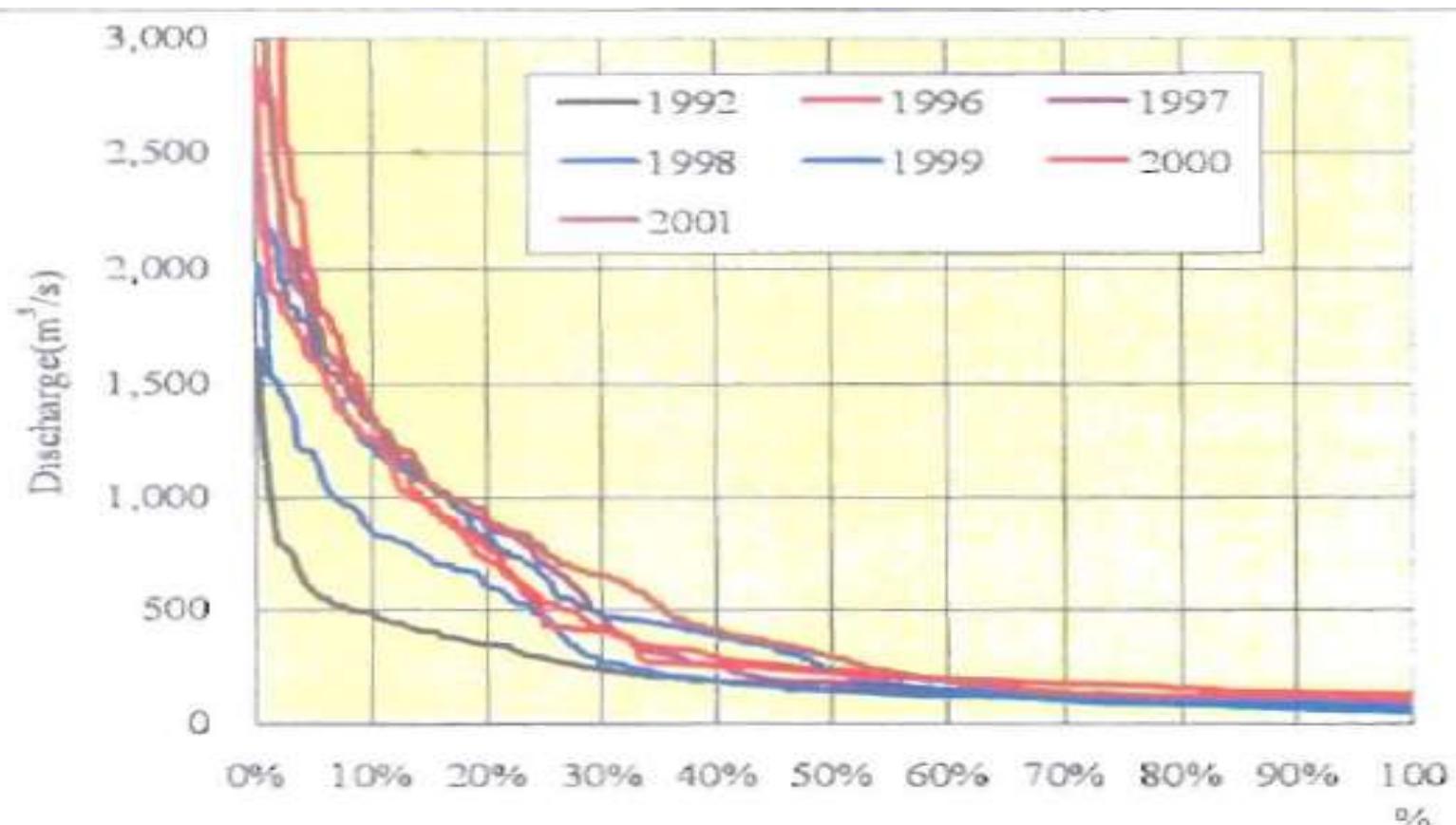
វិທីແខោះទាមតម្លៃ

ផែនលក់ណែនាំទូរគម្យ (FDC)



ວິທີແຫ່ງຄວາມສໍາພັນ

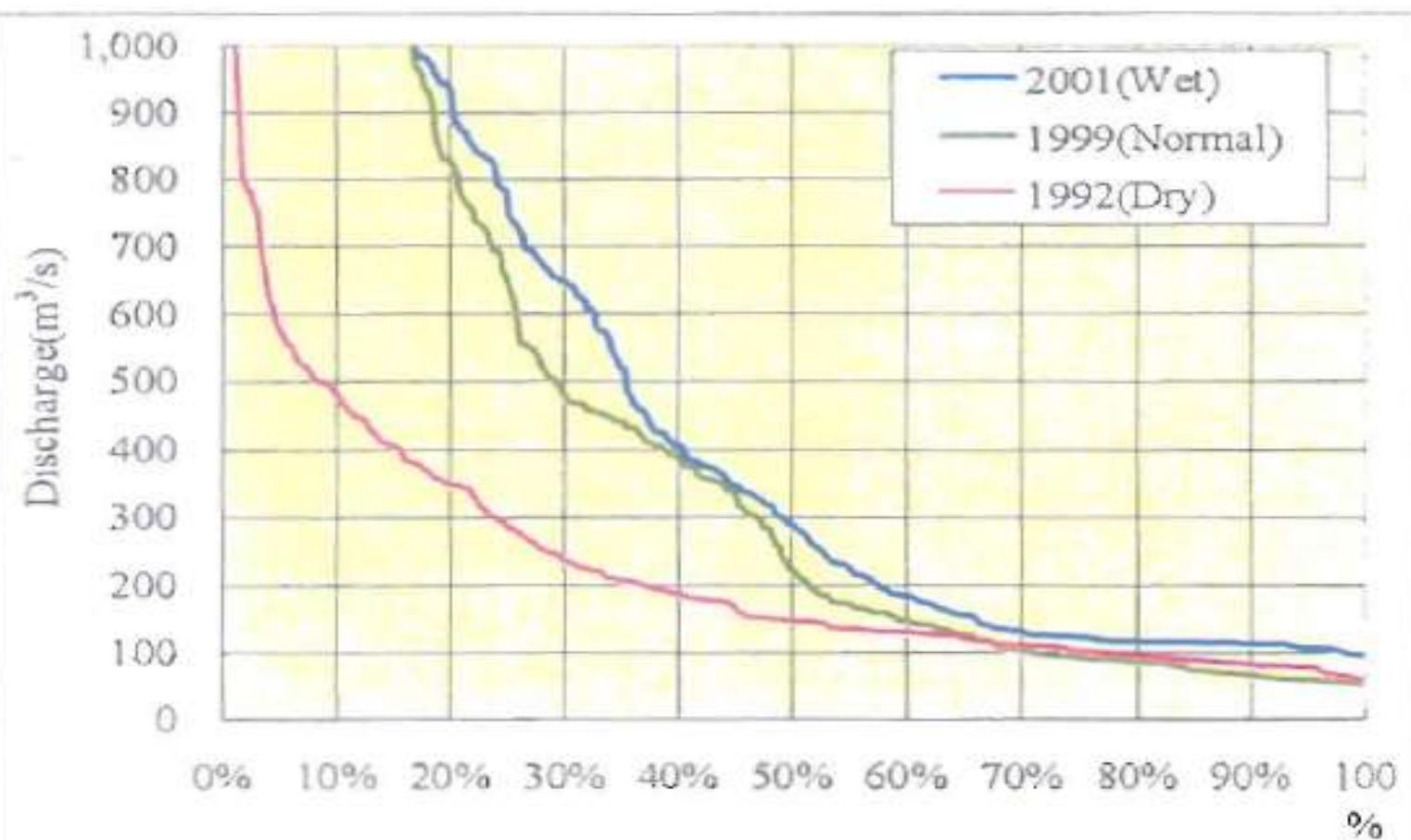
FDC ຂອງມຽດຖຸ



Duration curve of Nam Ou River (1992, 1996-2001)

ວິທີແຫ່ງຄວາມສໍາພັນ

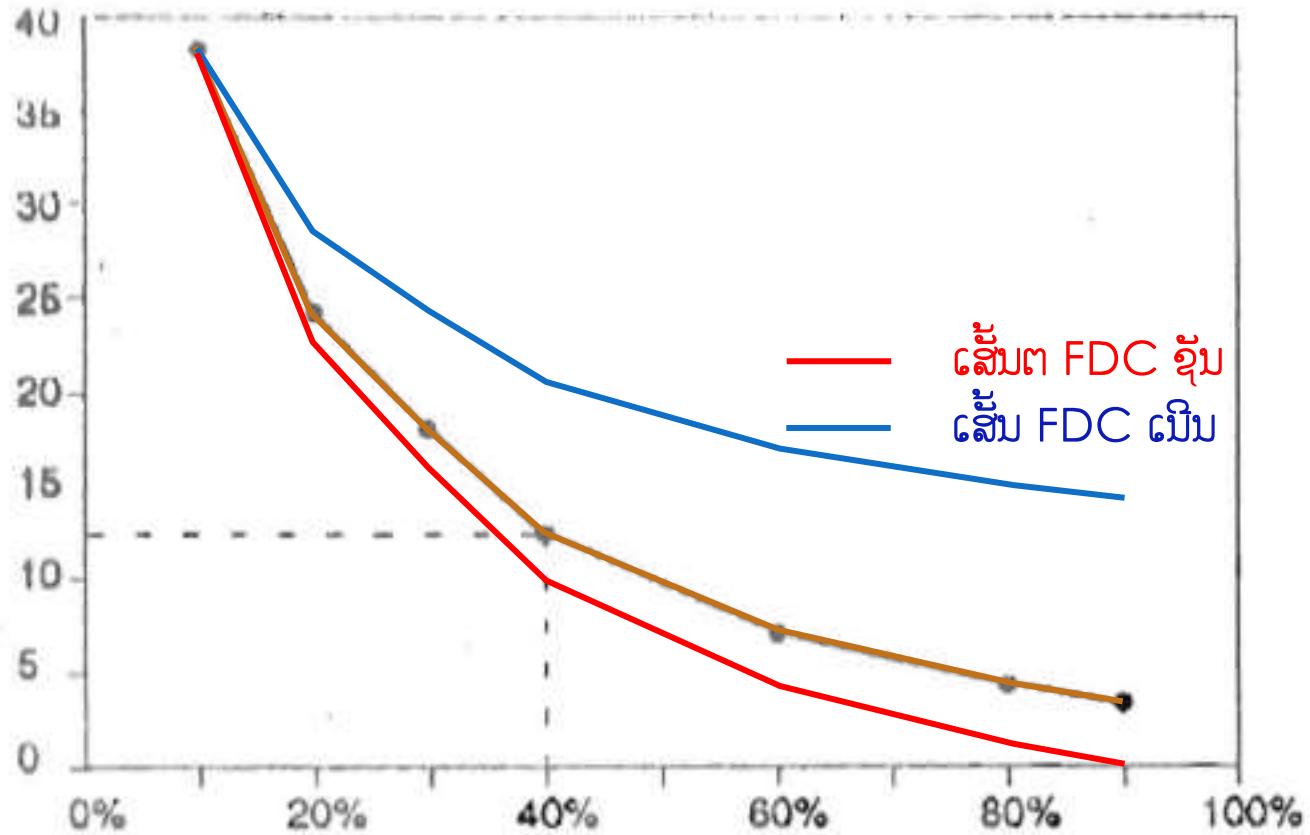
➤ FDC ຂອງນໍາລິກ



Duration curve of Nam Lik (1992, 1996-2001)

ວິທີແຫ່ງຄວາມສໍາພັນ

▶ ລັກສະນະສະແດງຂອງເລື່ອນ FDC



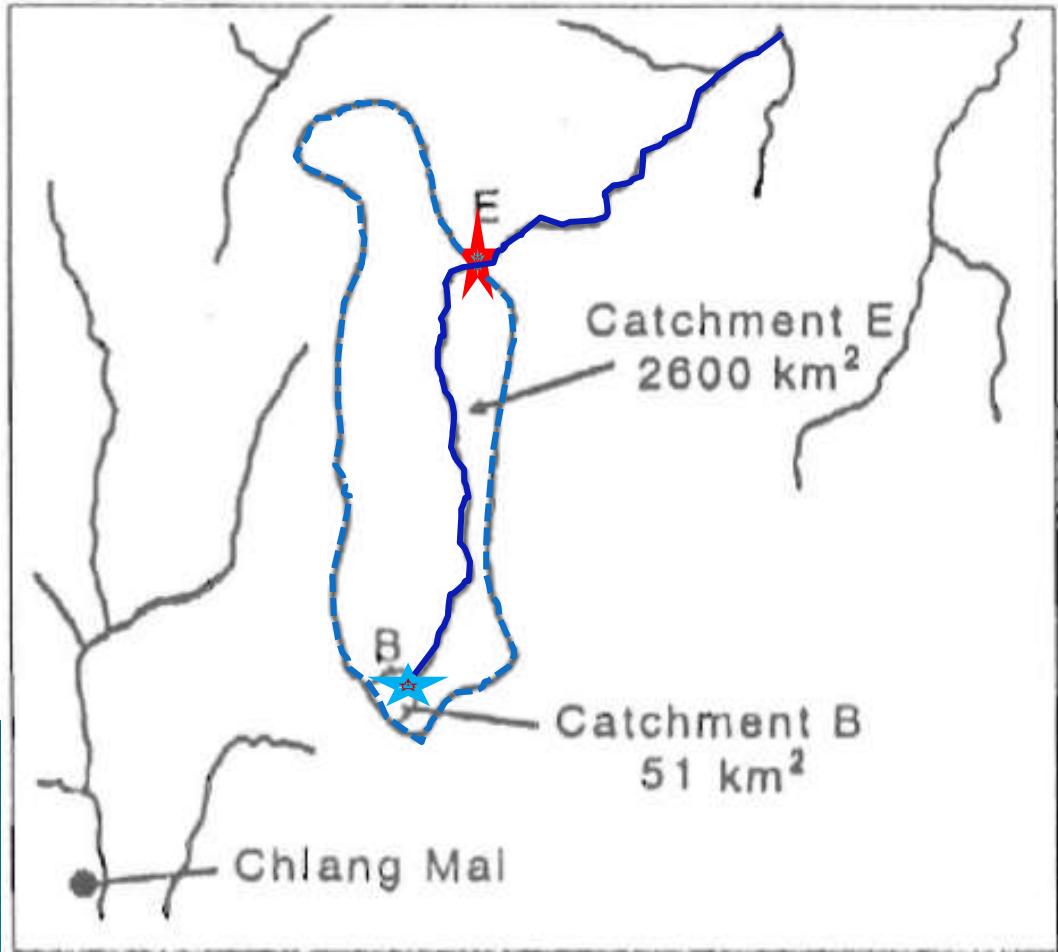
ວິທີແຫ່ງຄວາມສໍາພັນ

➤ ຂາດຂໍ້ມູນການວັດແທກນໍາ → ອາດໃຊ້ຂໍ້ມູນການວັດແທກນໍາຢູ່ຈຸດອື່ນຂອງແມ່ນໍາ

E - ຈຸດທີ່ຕົ້ງສະຖານີ

B - ບໍ່ມີສະຖານີ

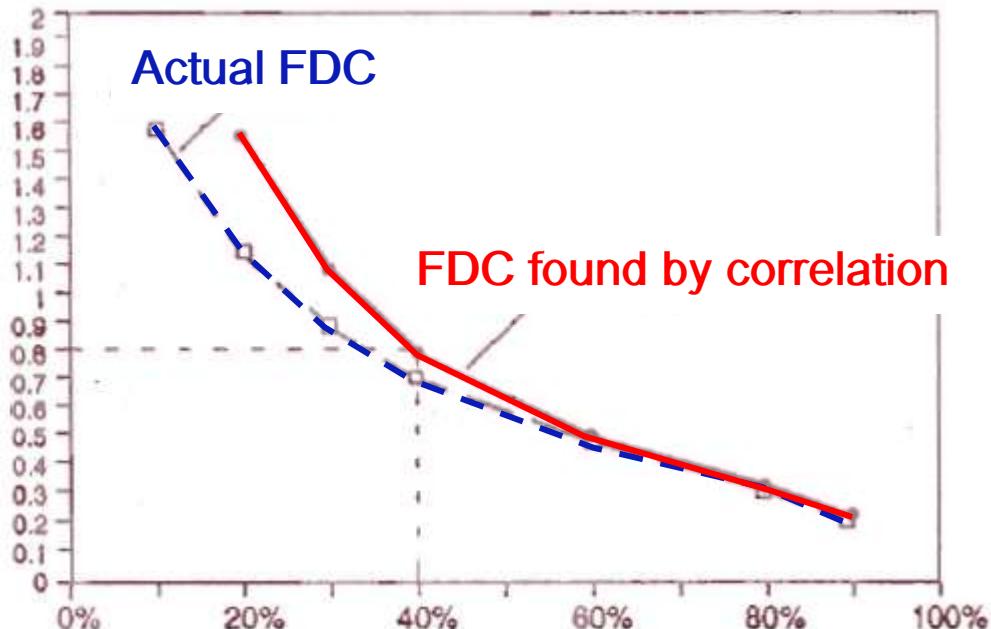
1) ລົງວັດແທກ 10-
12 ຄັ້ງ ຢູ່ຈຸດ ບໍ່
ໃນຊວງເວລາຕາງ
ກັນ



ວິທີແຫ່ງຄວາມສໍາພັນ

➤ Absence of Gauged data

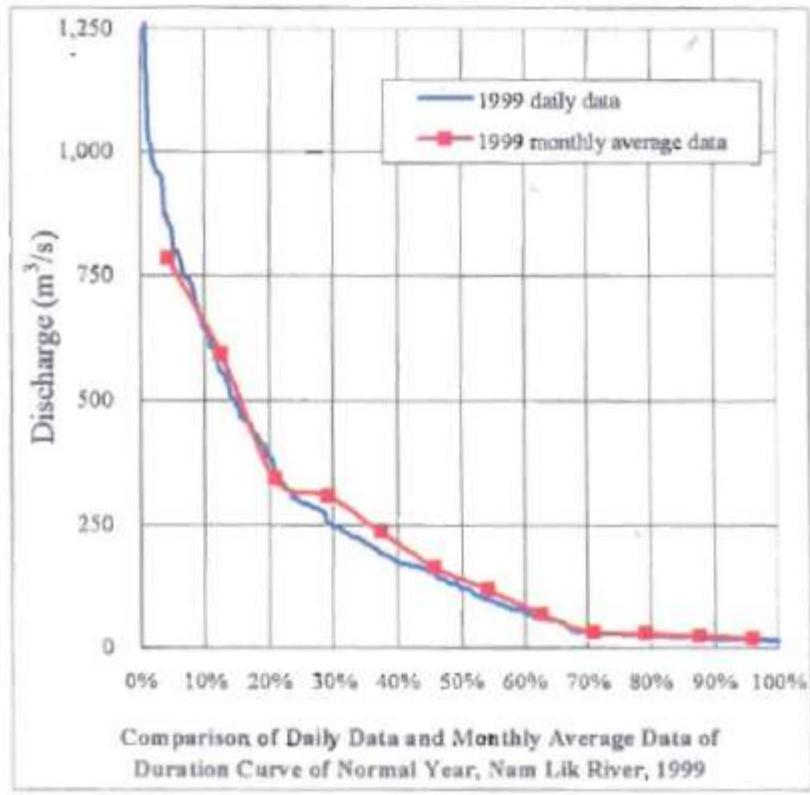
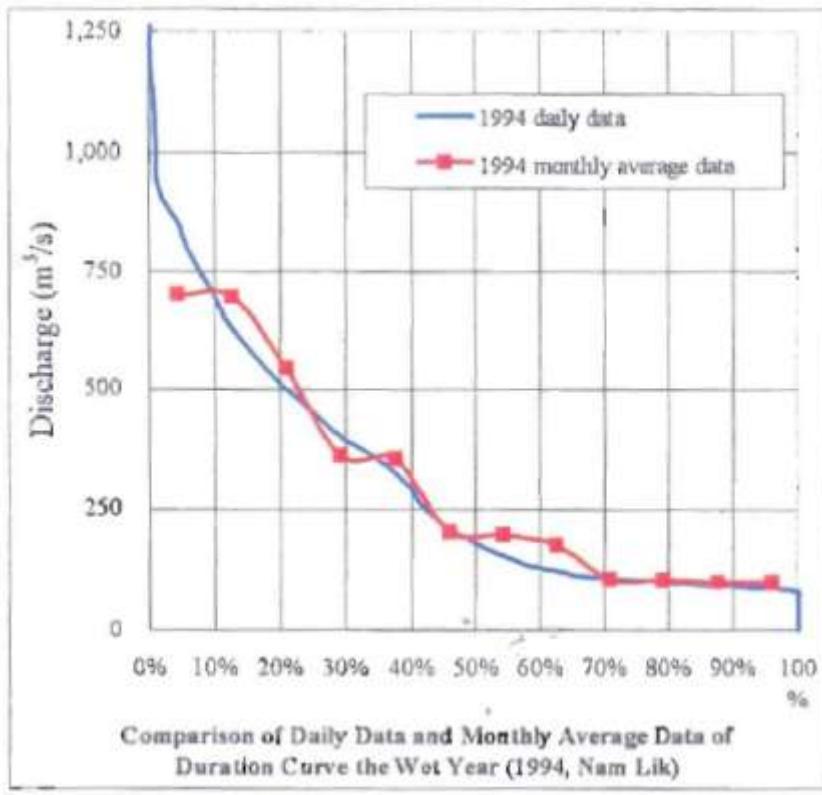
➤ Comparison of actual (measured) and found (correlated) FDC



- 2) Plot the corresponding flows on a graph of flow at E vs. flow at B
- 3) Use the FDC of the gauged site to select a flow at a specific exceedence value
- 4) Not much different in dry season

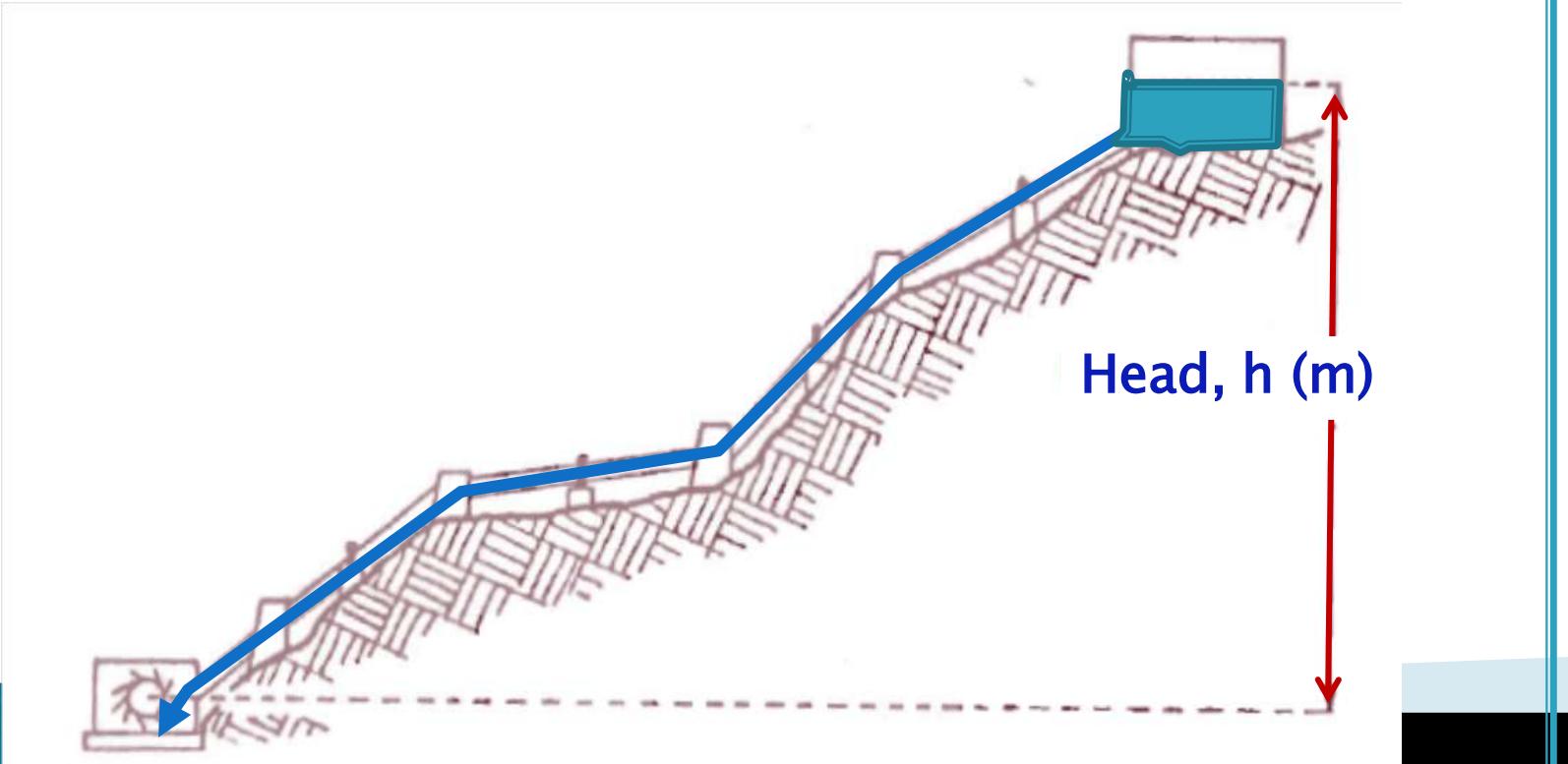
ວິທີແຫ່ງຄວາມສໍາພັນ

➤ Example of FDC



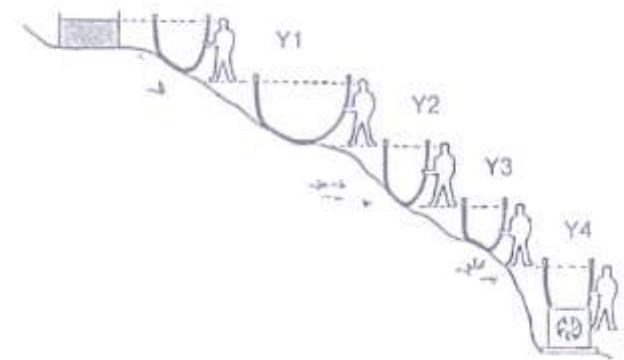
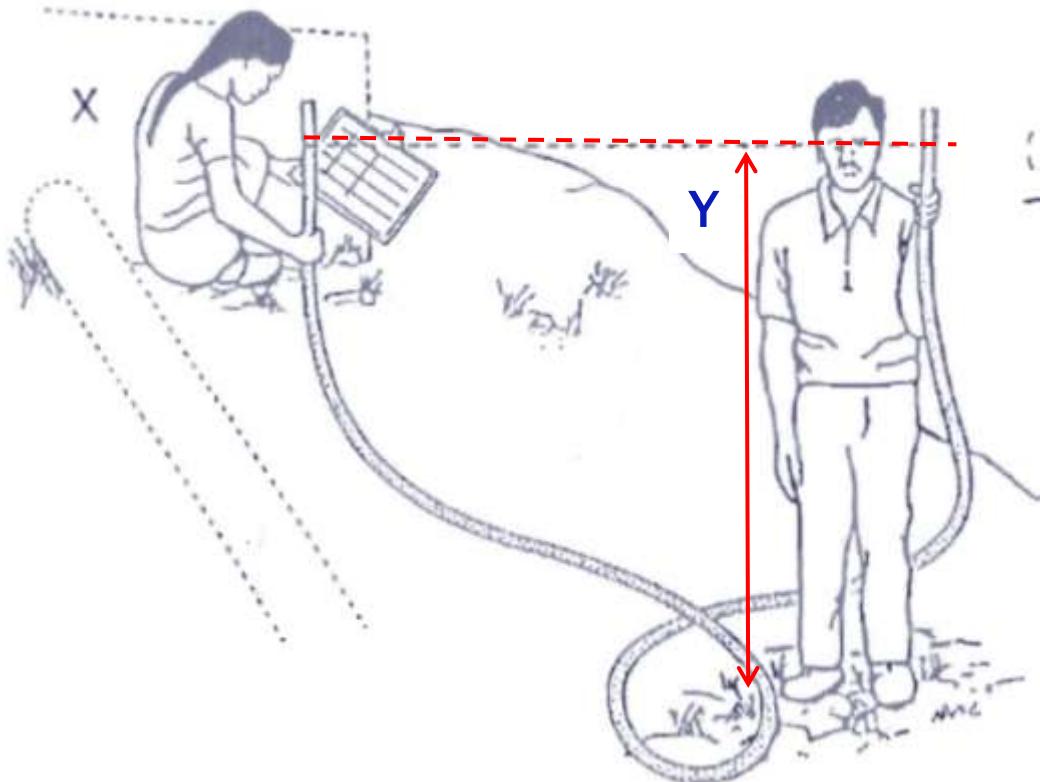
ການລົງສັບຫຼວດໄຄງການ

❖ ການວັດແທກລະດັບນ້ຳໄຕນ (Head Measurement)



ການລົງສໍາຫຼວດໄຕງາມ

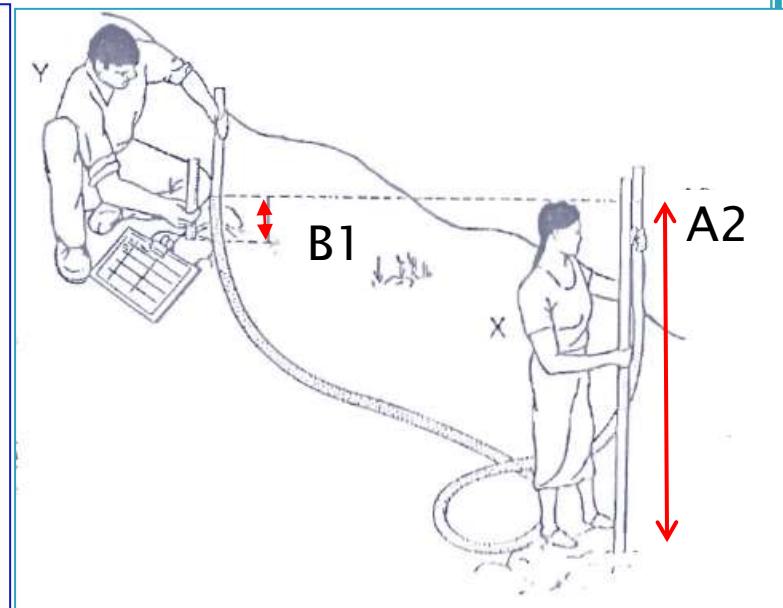
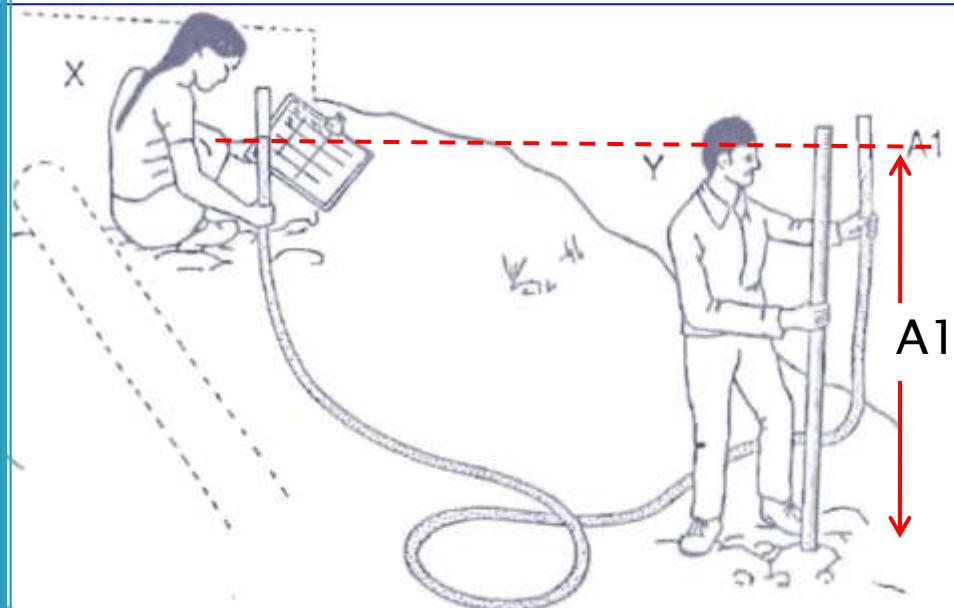
- ວັດແທກຄວາມສູງນຳໂຕນ: ດ້ວຍທີ່ຢາງໄສ ບັນຈຸນຳ



$$H(m) = Y_1 + Y_2 + Y_3 + Y_4$$

ການລົງສໍາຫຼວດໄຕງາມ

- ວັດແທກຄວາມສູງນຳໂຕນ: ດ້ວຍທໍ່ຢາງໄສ ບັນຈຸນຳ, ໄມ້ແມ້ດ



$$A1 =$$

$$B1 =$$

$$H1 = A1 - B1$$

$$A2 =$$

$$B2 =$$

$$H2 = A2 - B2$$

$$A3 =$$

$$B3 =$$

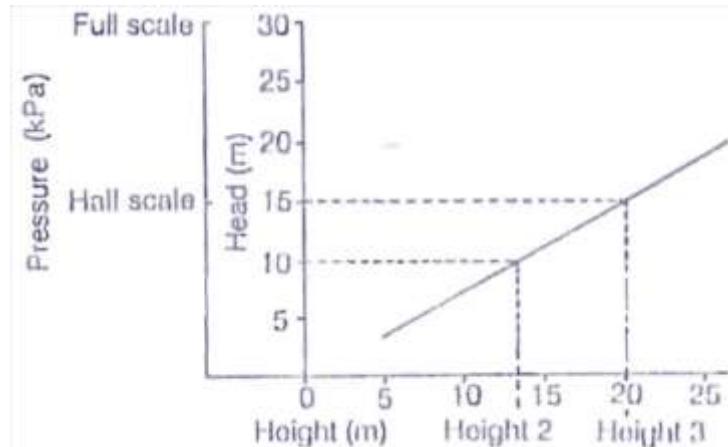
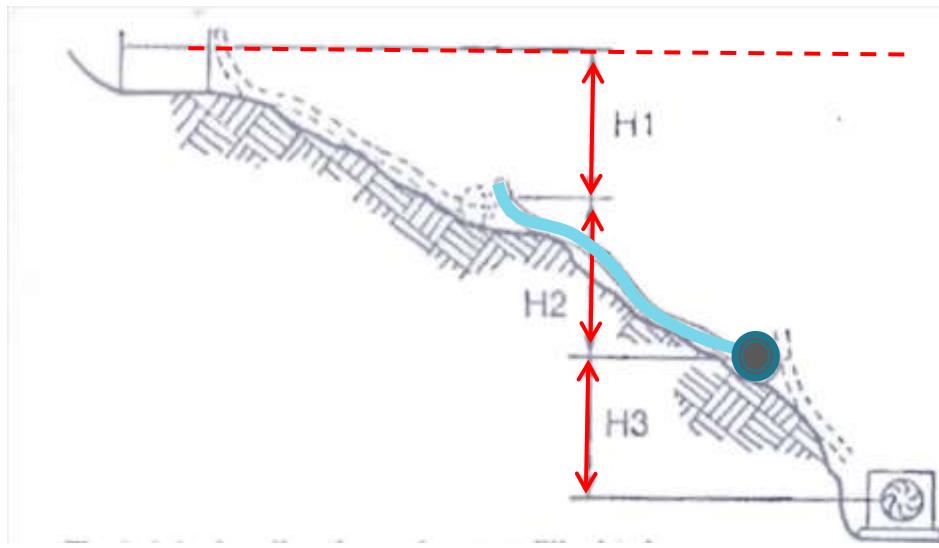
$$H3 = A3 - B3$$

$$H = H1 + H2 + H3 + \dots$$

ການລົງສ່າງຫຼວດໂຄງການ

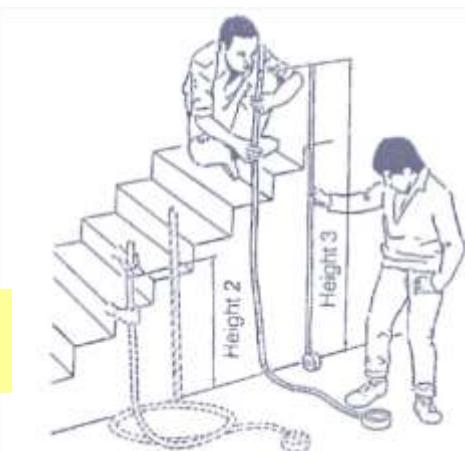
- ວັດແທກຄວາມສູງນໍ້າໄຕນ: ດ້ວຍທີ່ຢາງ ຕໍ່ໄສ໌ເຄື່ອງວັດຄວາມດັນ

ສົມຈຸດແທກຄວາມຍາວຂອງເປັນສະ
ຕົກໄດລີຍ



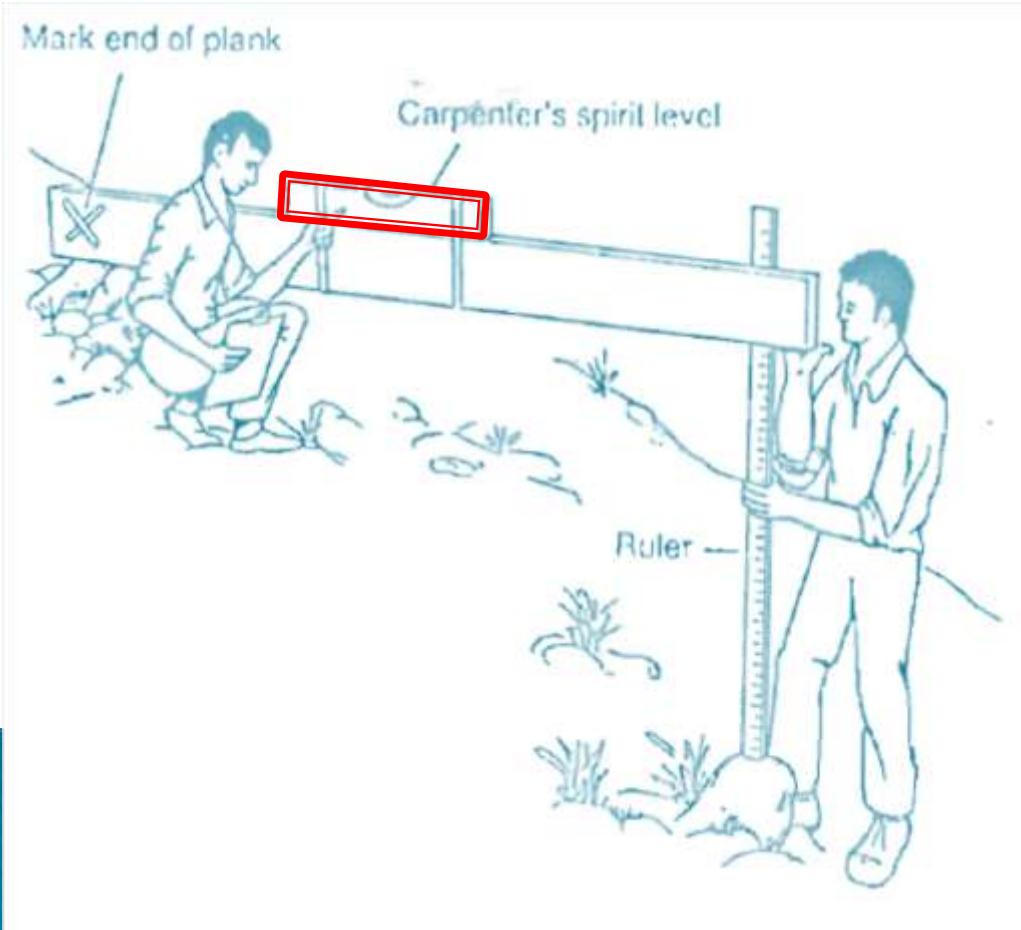
$$h(m) = \frac{p \text{ (kPa)}}{9.8}$$

$$h(m) = 0.704 \times p \text{ (psi)}$$



ການລົງ ສໍາຫຼວດໂຄງການ

- ວັດແທກຄວາມສູງນີ້ໄຕນ: ໄມ້ແມັດແລະນຳຫຼັງຂອງຊ່າງກໍສ້າງ



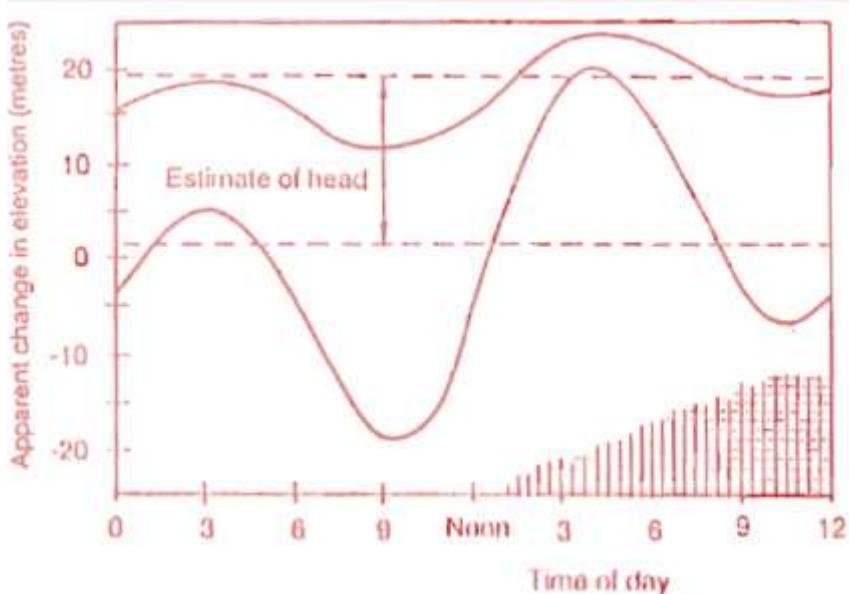
ການລົງສໍາຫຼວດໄຕງາມ

• ວັດແທກຄວາມສູງນໍາໄຕນ: ດ້ວຍເຄື່ອງວັດລວງສູງ (altimeter)

- ✓ ແນະນະສິມສໍາລັບລະດັບຄວາມສູງປານກາງ ຂຶ້ນໄປ
- ✓ ອ່ອນໄຫວຕໍ່ການເໜັງຕົງຂອງອຸນຫະພູມອາກາດ, ຄວາມຊຸ່ມຊົ່ນ
- ✓ ຕ້ອງມີຄວາມສໍານານໃນການໃຊ້

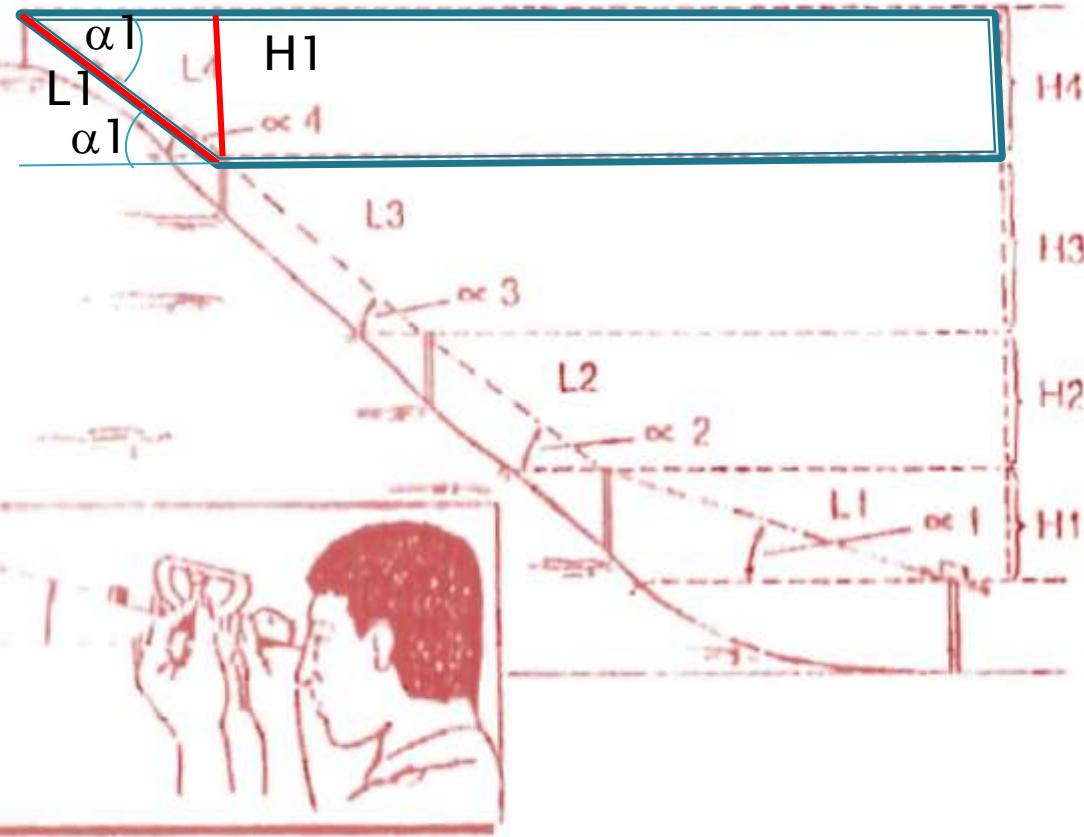
Forebay Powerhouse

Reading	Time	Reading	Time
1000	10.15	900	10.20
1010	10.50	915	10.55
1015	12.00	930	12.30
1015	1.00	940	1.30



ການສໍາຫຼວດ ໂຄງການ

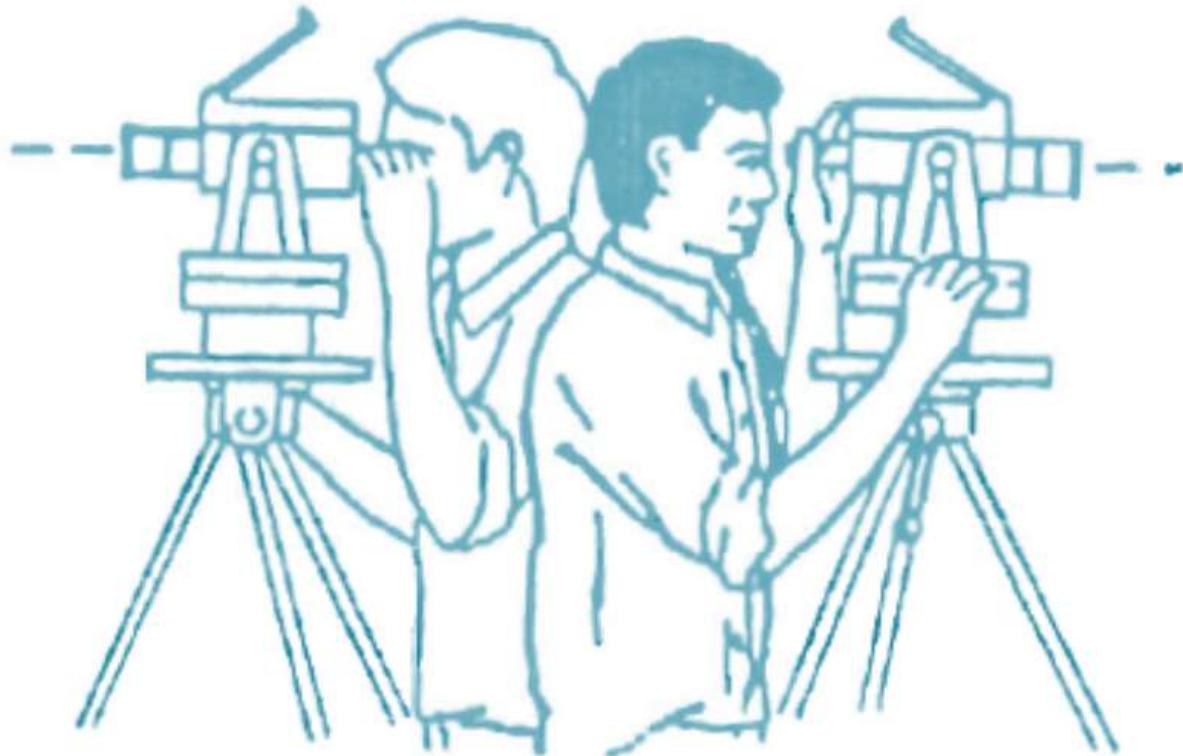
• ວັດຄວາມສູງນໍາຕິກ ດ້ວຍ ເຄື່ອງແທກມຸມ (Clinometers)



$$H_1 = L_1 \cdot \sin(\alpha_1)$$

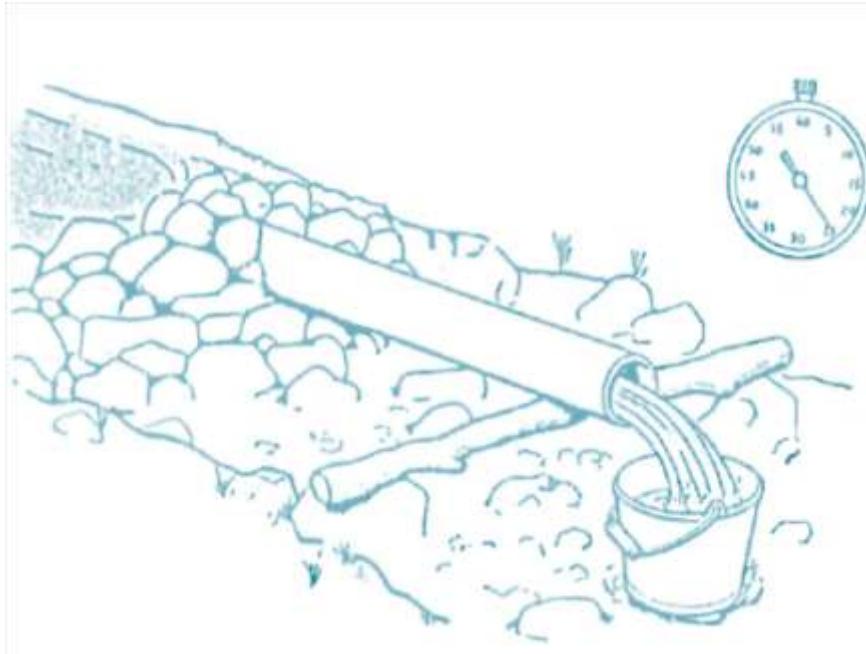
ການສໍາຫຼວດທີ່ຕັ້ງໂຄງການ

- ວັດແທກຄວາມສູງ ດ້ວຍກອງສອງສໍາຫຼວດ (Theodolites)



ការសំឡុរវត្ថុទៅការ

• វត្ថុឆ្លងកាត់ទៅការ ឬ ឯកតានៅក្នុង ឯកតាដែលបានរាយ



$$Q = \frac{V}{t}$$

$$V_{water} = \frac{m_{water}}{\rho_{water}}$$

$$m_{water} = m_{(bucket+water)} - m_{bucket}$$

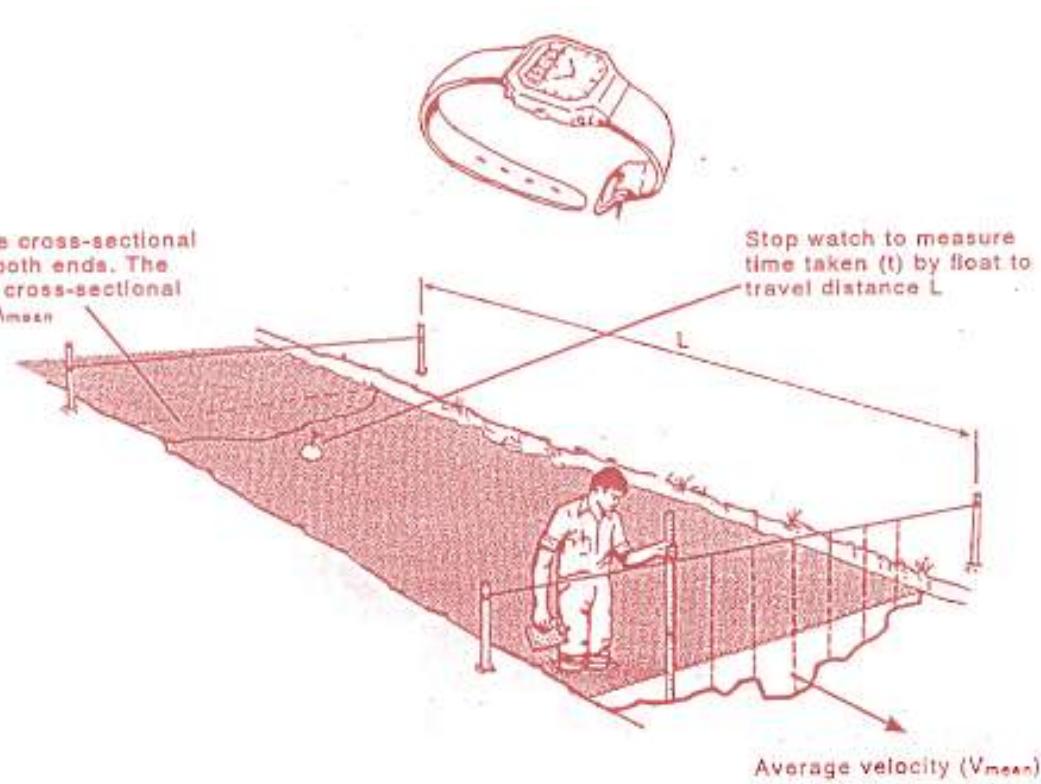
តូច់ ឬ មិនអាចស្វែងរកបានទៅការ ឬ បំភេះ < 5 L/s
ឯកតាដែលបានរាយ 200L : < 50 L/s

ການລົງສໍາຫຼວດໂຄງການ

• ການວັດແທກອັດຕາໄຫຼ້: ເນື້ອທີ່ໜ້າຕັດແລະ ຄວາມໄວການໄຫຼ້

$$Q = A \times v_{mean}$$

Q - ອັດຕາການໄຫຼ້, m^3/s
A - ເນື້ອທີ່ໜ້າຕັດ, m^2
V - ຄວາມໄວສະເລ່ຍ, m/s

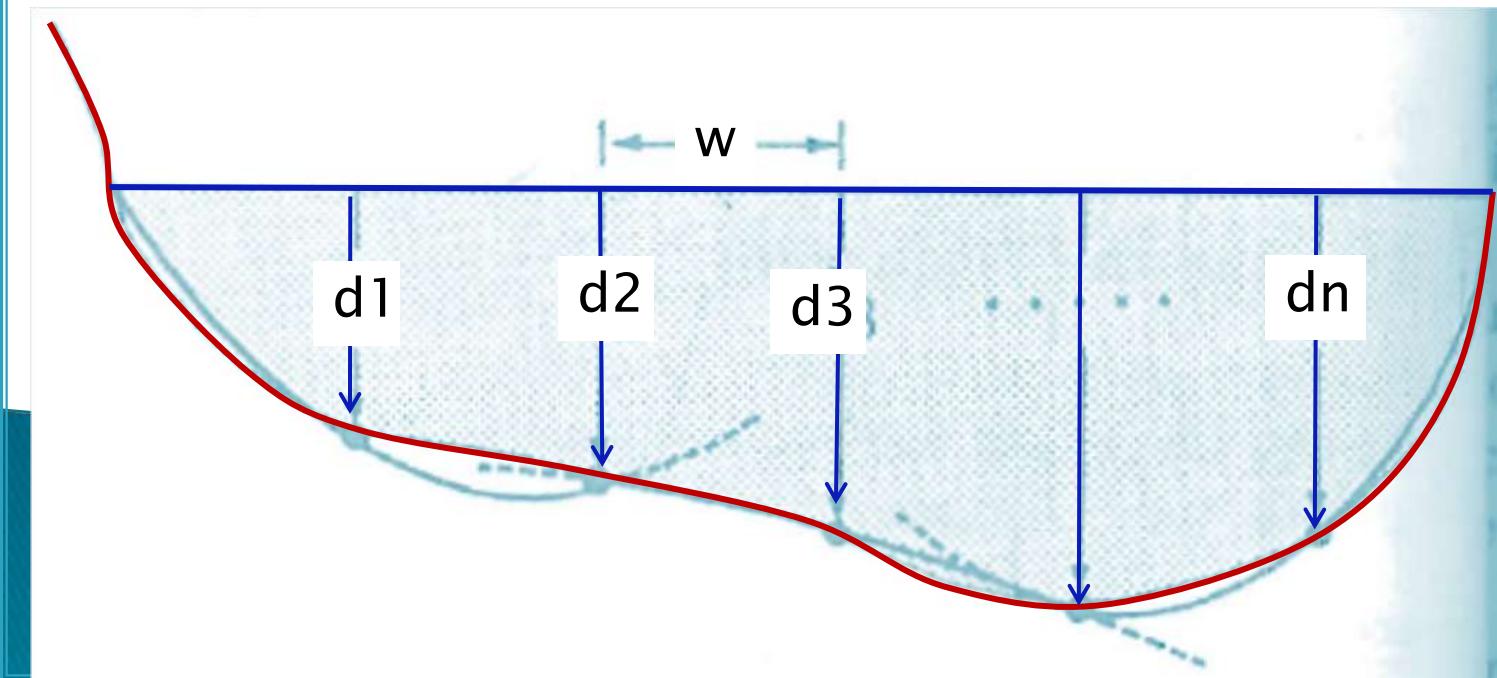


ການລົງສໍາຫຼວດໂຄງການ

• ວັດແທກອັດຕາການໄຫຼງ: A & V

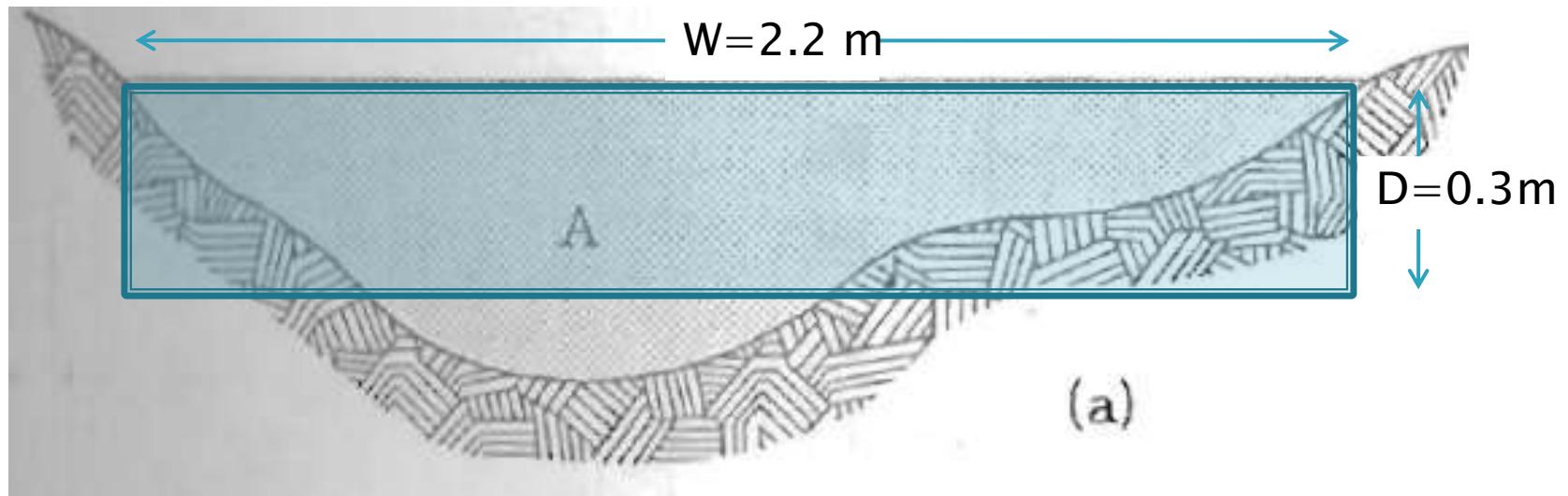
$$A = \frac{w}{3} [4(d_1 + d_3 + \dots + d_n) + 2(d_2 + d_4 + \dots + d_{n-1})]$$

n-Odd number (1,3,5,...)



ການລົງສໍາຫຼວດໄຄງ່ານ

- ວັດແທກອັດຕາການໄໝ້: ວິທີ A & V
 - ວັດແທກໜ້າຕັດແບບງ່າຍ່າງ

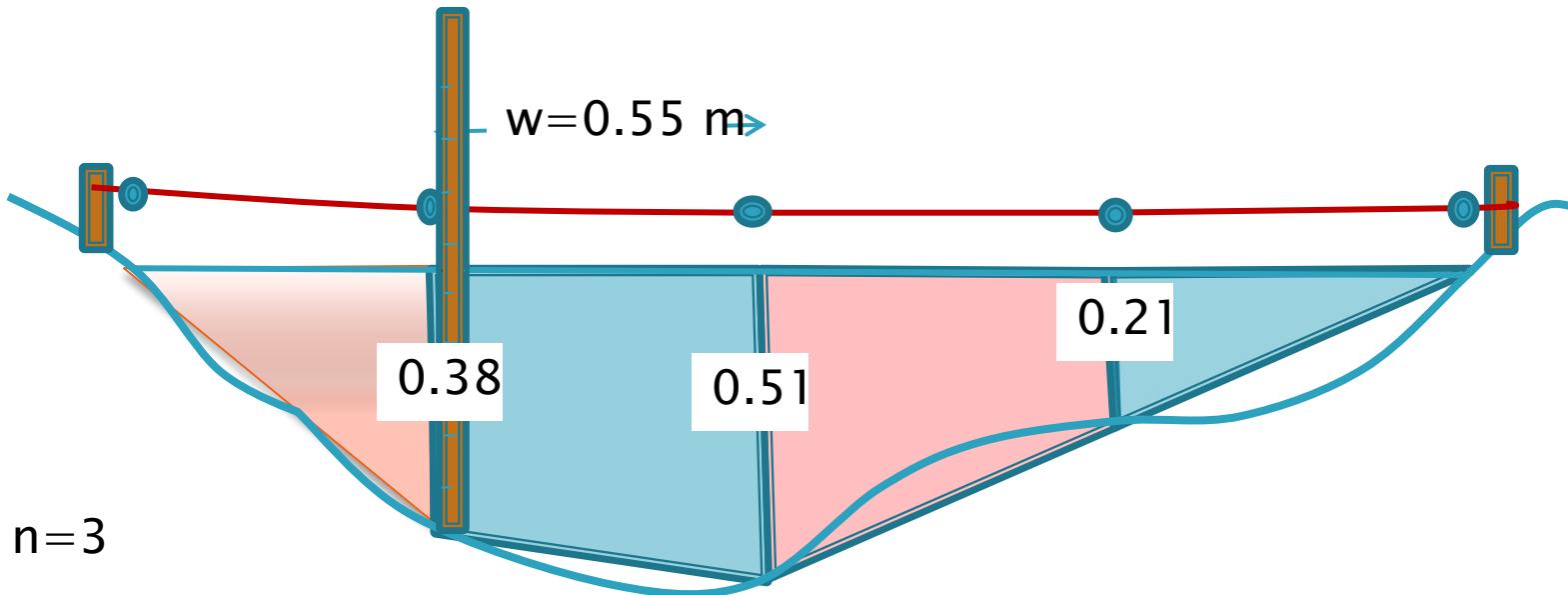


$$A = w \times d = 2.2 * 0.3 = 0.66 \text{ m}^2$$

ການລົງສໍາບູວດໄຄງ່ການ

• Site Flow Measurement: A & V method

- ✓ Un-uniform Cross section



$$A = \frac{w}{3} [4(d_1 + d_3 + \dots + d_n) + 2(d_2 + d_4 + \dots + d_{n-1})]$$

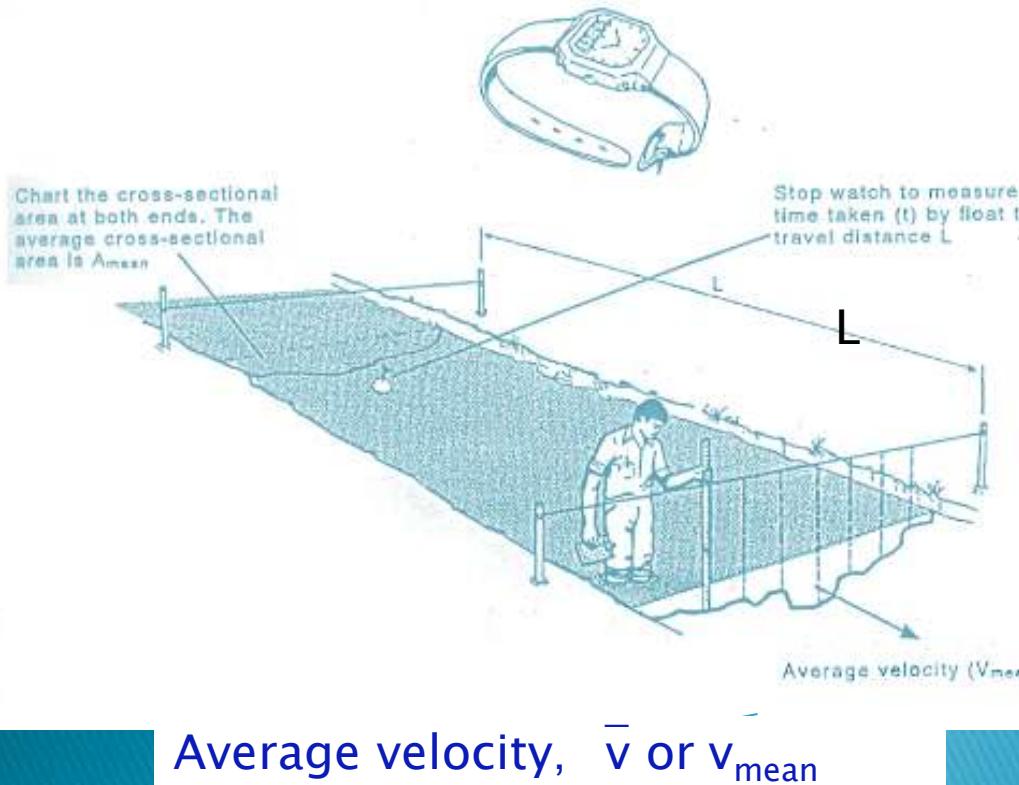
$$= \frac{w}{3} [4(d_1 + d_3) + 2(d_2)] = \frac{0.55}{3} [4 \times (0.38 + 0.21) + 2 \times (0.51)] = 0.62 \text{ m}^2$$

ການລົງສໍາບູວດໄຄງການ

• Site Flow Measurement: A & V method

- ✓ Measuring average flow velocity

$$\bar{V} = \frac{L}{t}$$
$$\bar{V} = C \times v_s$$



Average velocity, \bar{v} or v_{mean}

$C=0.85$ - for smooth, rectangular concrete channels

$C=0.75$ - for large, slow, clear stream

$C=0.65$ - for small but regular stream with smooth stream bed

$C=0.45$ - for shallow (0.5 m) turbulent flow

$C=0.25$ - for very shallow and rocky stream

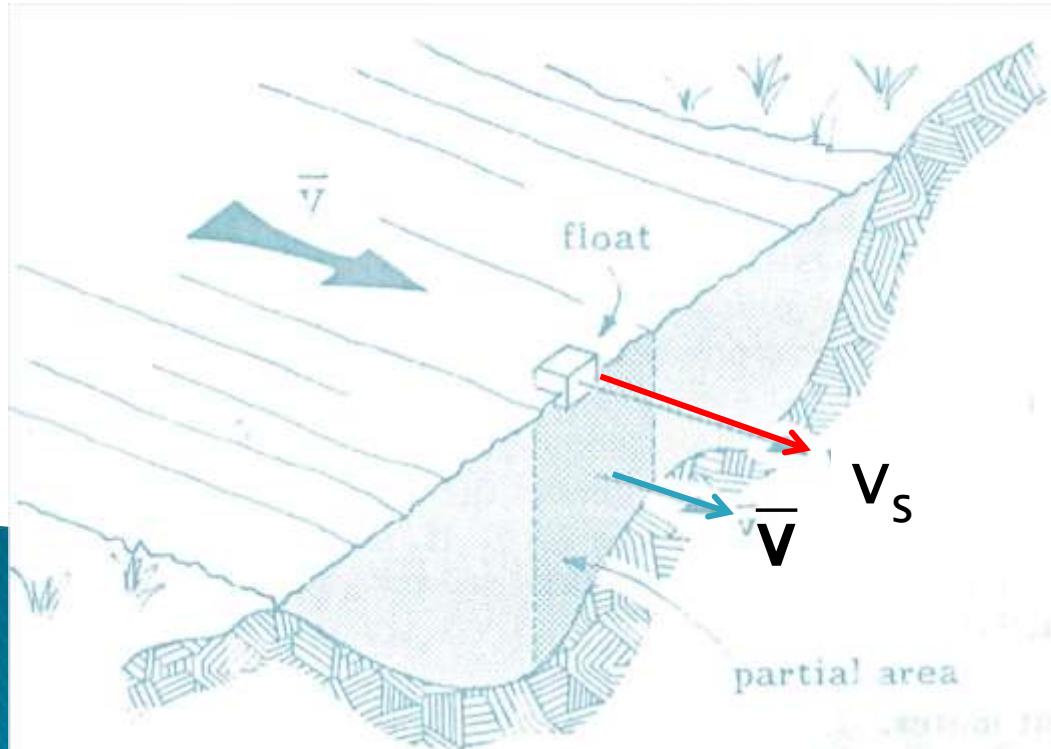
ການລົງສໍາຫຼວດໂຄງການ

• ວິທີ A & V

- ✓ ຄວາມໄວສະເລ່ຍ ໃນຈຸດໃດໜຶ່ງຂອງໝາຕັດ

V_s – Velocity in a Partial area

$$\bar{V} = C \times V_s$$

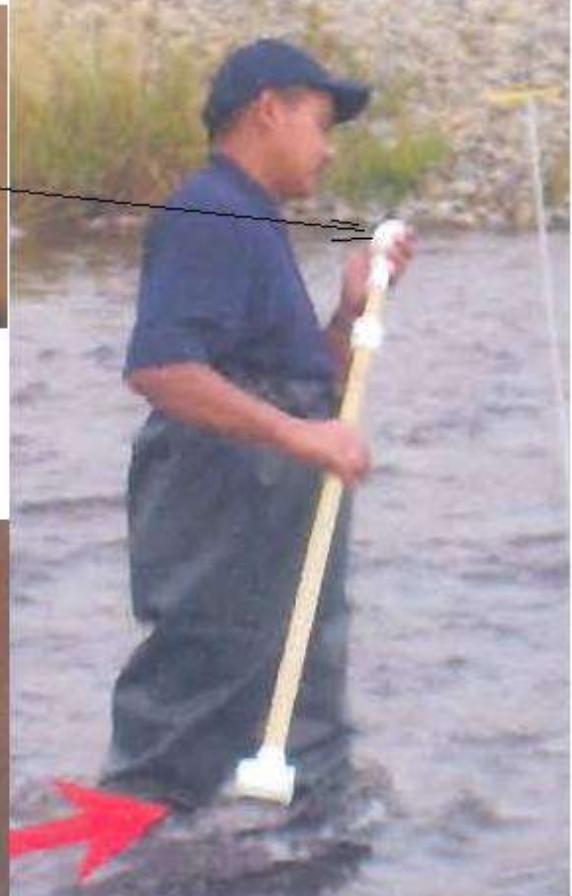
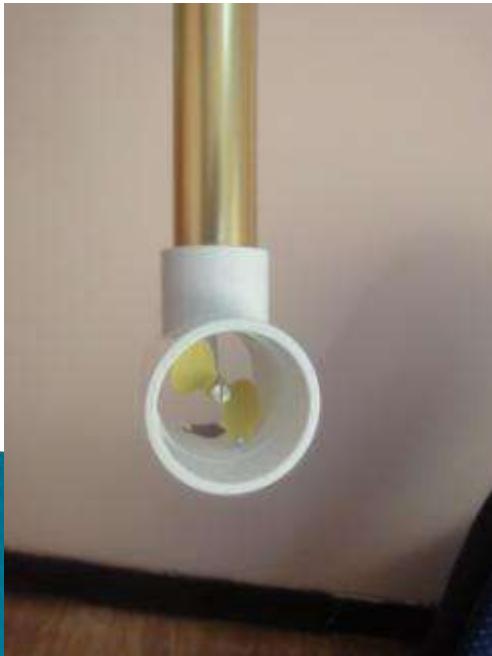


$$C = 0.75 - \text{ນຳຈູຕືນ}$$
$$C = 0.95 - \text{ນຳຈາເລິກ}$$

ການລົງສໍາຫຼວດໂຄງການ

• ວິທີ A & V

- ເຄື່ອງຄວາມໄວ ຊະນິດໃບພັດ :
- ສາມາດແທກຄວາມໄວພາກສ່ວນຂອງໜ້າຕັດ
- ຄວາມການໄຫຼສະເລ່ຍ



ການລົງສໍາຫຼວດໄຄງການ

• ວິທີ A & V

- ການນຳໃຊ້ເຄື່ອງວັດແທກຊະນິດໃບພັດ



ການລົງສໍາຫຼວດໂຄງການ

• ວິທີ A & V

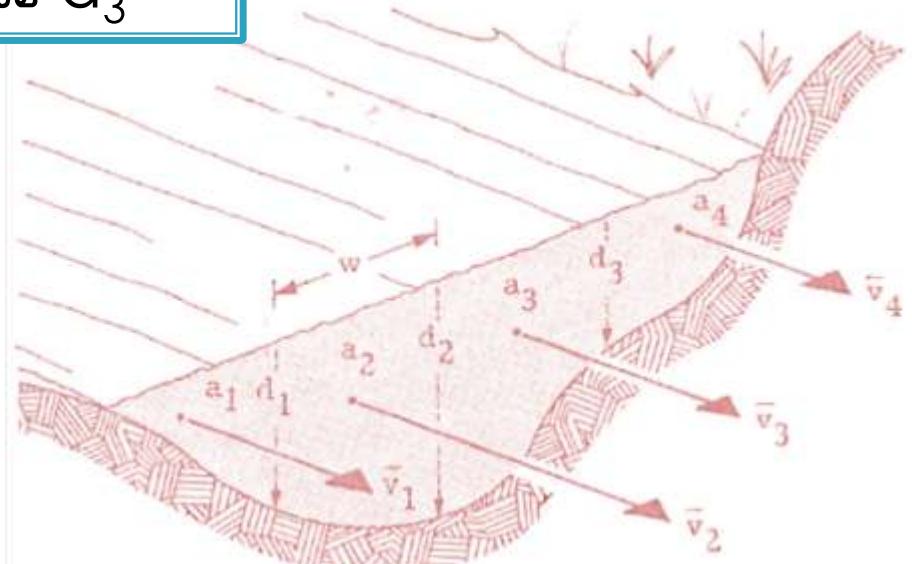
• ອັດຕາການໄຫຼ້ທັງໝົດ = ຜົນລວມຂອງອັດຕາການໄຫຼ້ໃນແຕ່ລະພາກໝາຕັດ

$$Q = a_1 \bar{v}_1 + a_2 \bar{v}_2 + \dots + a_n \bar{v}_n$$

ໃນນັ້ນ a_1, a_2, \dots ດັ່ງນັ້ນເບື້ອງທີ່ແຕ່ລະພາກສ່ວນ

ຕົວຢ່າງ ເນື້ອທີ່ລະຫວ່າງ ຈຸດ d_2 ແລະ d_3

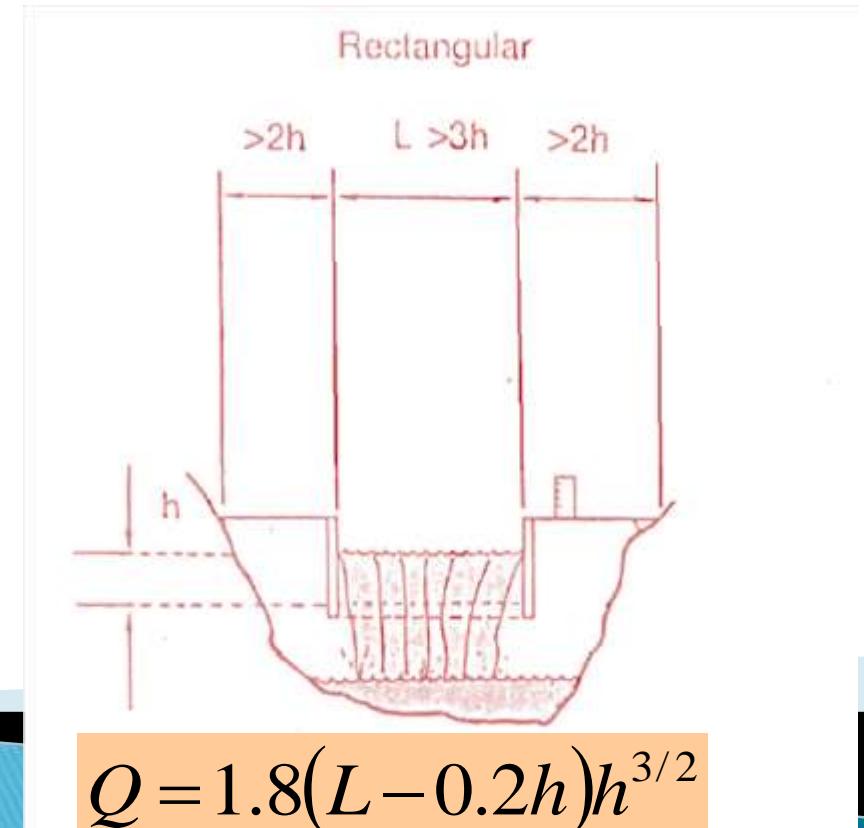
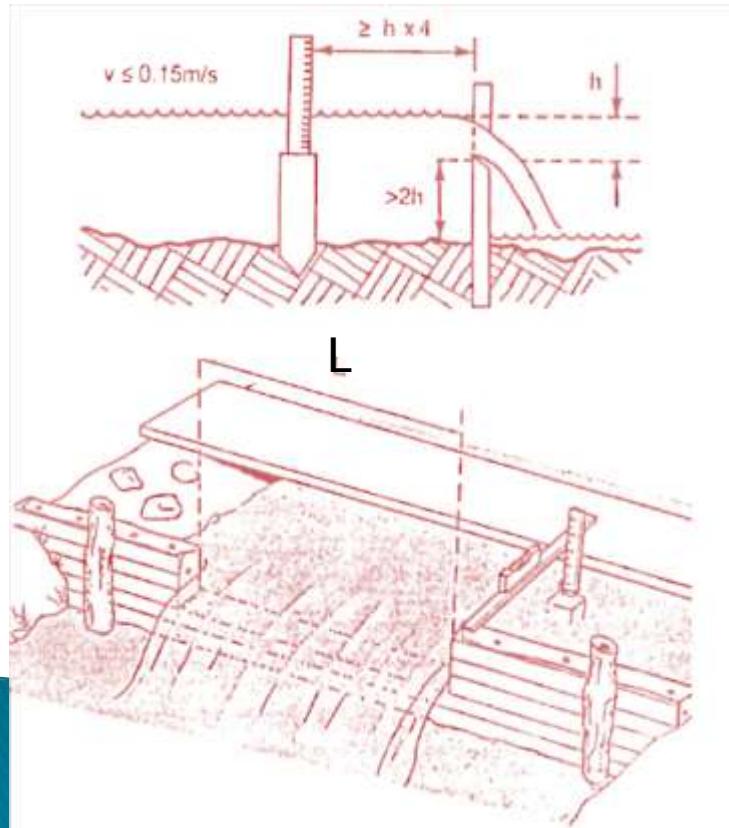
$$a_3 = \frac{(d_2 + d_3)}{2} \times w$$



ការលើសាំឡុវត្សោរ

•ការគេងឈរកត់ពាក្យាមខ្លួន: ខ្លួនបំផុត

•បច្ចុប្បន្ន

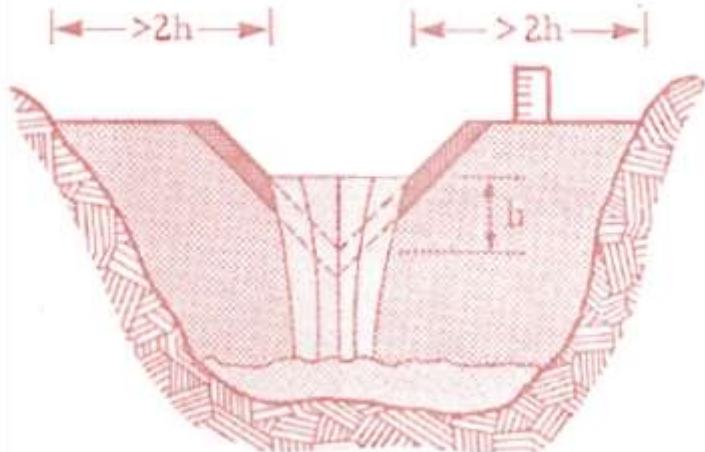


ការលើសាំឡុវត្សែង

• វតនមាត្រាការងារខ្លួនខាងក្រោម

➤ វិទីសាស្ត្ររាយការណ៍ និងបច្ចុប្បន្ន ឧបនិធីនៃ

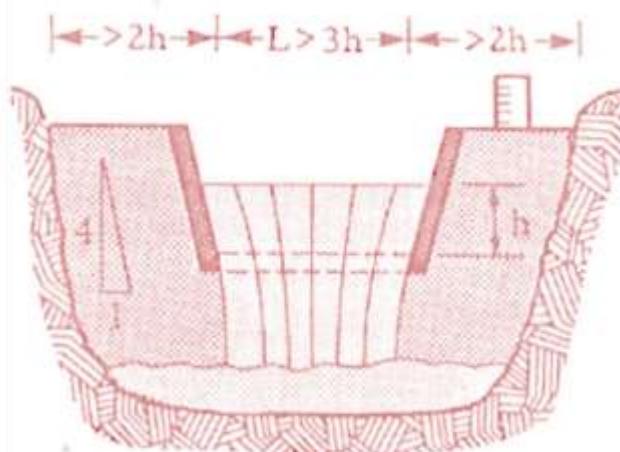
Triangular (90° notch)



$$Q = 1.4h^{5/2}$$

បច្ចុប្បន្ន (មុនសាធារណៈ)

Cipoletti



$$Q = 1.9Lh^{3/2}$$

បច្ចុប្បន្នបញ្ហាមូល

ການສໍາຫຼວດໂຄງການ

• ການວັດແທກອັດຕາການໃໝ່: ດ້ວຍວິທີລະລາຍເກືອໃນນໍ້າ

- ✓ ເປັນວິທີທີ່ວ່ອງໄວ
- ✓ ມີຄວາມຊັດເຈນສູງ
- ✓ ຕ້ອງມີເຄື່ອງວັດຄ່າຊັກນຳໄຟຟ້າ

ການຕັ້ງຄ່າເຄື່ອງວັດຄ່າຊັກນຳໄຟ



ຈັບປືດ ວິທີສໍາບູວດທ່າແຮງ
ໄຟຟ້ານຳເຕີກຂະໜາດນອຍ

Thank You !