INDUSTRIES OF ANGKOR PROJECT
Preah Khan of Kompong Svay (Bakan)

December 2009 Field Campaign Report

© University of Sydney
December 2010

គម្រោងសិក្សាស្រាវជ្រាវ

ស្តីអំពី

ឧស្សាហកម្មចក្រភពអង្គរ

ប្រាសាទបាកាណ (ព្រះខ័នកំពង់ស្វាយ)

របាយការណ៍លទ្ធផលចុះសិក្សាស្រាវជ្រាវ នៅ ខែធ្នូ ឆ្នាំ២០០៩

សមាជិកគម្រោង

បណ្ឌិត Mitch HENDRICKSON

បណ្ឌិត Dan PENNY

បណ្ឌិត T. Oliver PRYCE

បណ្ឌិត Colin COOKE

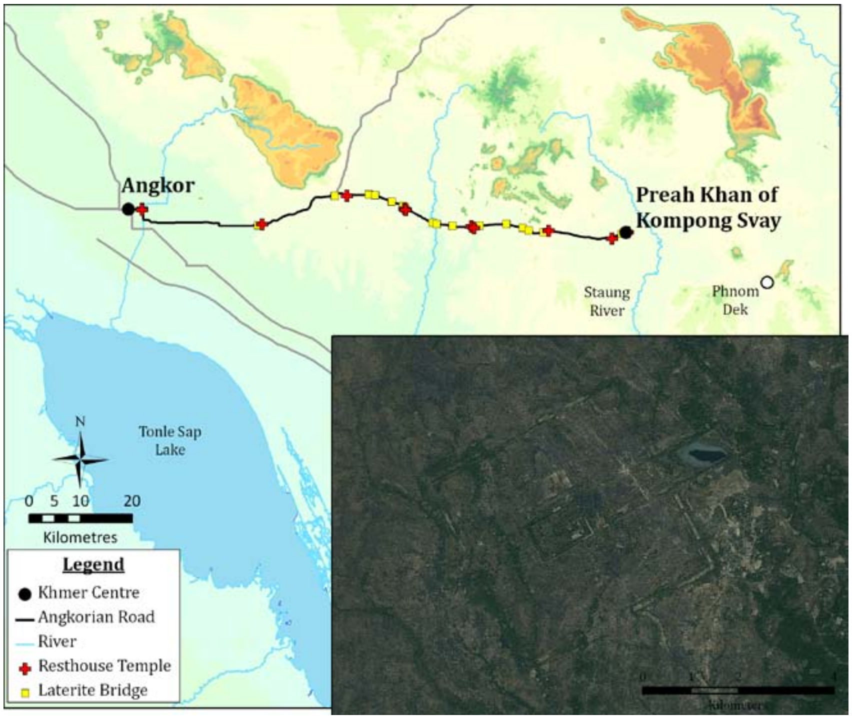
កញ្ញា សូ ម៉ាល័យ (អ្នកបកប្រែ)

លោក ផុន កសិកា (អ្នកបកប្រែ)

គោល បំណ ង

នៅសម័យអង្គរ អាណាចក្រខ្មែររុងរឿងដល់កំពូលក្នុងរវាងសតវត្សទី១១ ដល់សតវត្សទី១៣ អាណាចក្រនេះបានពង្រីកដែនអាណាចក្ររបស់ខ្លួនគ្របដណ្ដប់លើភូមិភាគអាស៊ីភាគអាគ្នេយ៍ស្ទើរតែទាំងអស់។ នៅតាមដងផ្លូវដែលកសាងក្នុងអាណាចក្រនេះ គេបានបង្កើតមជ្ឈមណ្ឌលរដ្ឋបាលនៅតាមខេត្តធំៗ អាចដើរតួយ៉ាងសំខាន់ដើម្បីធានាឱ្យបាននូវរាល់ការផ្គត់ផ្គង់ធនធាន និងផលិតផលដល់រាជធានីអង្គរ ហើយនិងធានាដល់ការពង្រីកអំណាចរបស់ព្រះមហាក្សត្រដែលសោយរាជ្យក្នុងអាណាចក្រនេះ។ តាមរយៈព័ត៌មានទាំងនេះអាចបង្ហាញពីភាពរុងរឿង និងភាពអន់ថយនៃចក្រភពអង្គរ ដែលជាតឹកតាងបន្សល់ទុកតាមរយៈការវាយតម្លៃពីមជ្ឈមណ្ឌលទាំងនោះ ដែលដើរតួជាមជ្ឈមណ្ឌលផលិតដ៏ជំនាញ។ ជាងនេះទៅទៀត ការសិក្សាស្រាវជ្រាវពីការអភិវឌ្ឍន៍ និងប្រសិទ្ធិភាពនៃសកម្មភាពឧស្សាហកម្មនៅអាស៊ីភាគអាគ្នេយ៍ក្នុងសម័យកណ្ដាលនឹងអាចធ្វើការសិក្សាប្រៀបប្រៀបជាមួយការសិក្សាអំពីរដ្ឋ និងអាណាចក្រផ្សេងៗទៀតនៅទូទាំងពិភពលោក។

ព្រះខ័នកំពង់ស្វាយ (***ព្រះខ័ន***) ដែលគេស្គាល់ថា ***បាកាណ*** មានទីតាំងស្ថិតនៅខេត្តព្រះវិហារ ជាមជ្ឈមណ្ឌលនៅតាមខេត្តមួយពោពេញទៅដោយភាពអាថិកំបាំងក្នុងសម័យអង្គរ(*រូបទី១*)។ ដោយមានកំពែងព័ទ្ធជុំវិញរាត់ត្រង់ដូចបន្ទាត់ និងមានទំហំធំជាងគេបំផុតក្នុងតំបន់អាស៊ីភាគអាគ្នេយ៍ (២៣គម^{២}) ***ព្រះខ័ន*** គឺជារាជធានីតែមួយគត់ ដែលគេបានស្គាល់ថាជាកន្លែងមានបន្សល់នូវសកម្មភាពឧស្សាហកម្មជាច្រើន និងដ៏សំខាន់ គឺការស្លរ៉ែដែក។ ទោះបីជា ***ព្រះខ័ន*** ជាតំបន់ដាច់ស្រយាលពីតំបន់ដីល្បាប់ដ៏មានជីជាតិសម្រាប់ដំណាំស្រូវ ត្រីនិងធនធានទឹក ដែលអាចធ្វើឱ្យ***ព្រះខ័ន*** មានទំនាក់ទំនងជាមួយតំបន់ដទៃទៀត ផ្ទុយទៅវិញទីតាំងភូមិសាស្ត្ររបស់វាមានសក្តានុពលសម្រាប់ធ្វើឧស្សាហកម្ម។ រាជធានីនៃព្រះខ័នមានទីតាំងស្ថិតនៅជិតប្រភពរ៉ែដែកដ៏ធំជាងគេនៅក្នុងប្រទេសកម្ពុជា គឺ "***ភ្នំដែក***" ហើយស្ថិតនៅកន្លែងប្រសព្វផ្លូវគមនាគមន៍ដ៏សំខាន់ពីរ គឺប្រព័ន្ធគមនាគមន៍ផ្លូវជាតិមានសាលាតំណាក់ ស្ពានសង់នៅតាមផ្លូវ និងប្រព័ន្ធផ្លូវទឹក គឺ ស្ទឹងស្ទោង។ ប្រព័ន្ធគមនាគមន៍ផ្លូវជាតិទាំងនេះ មិនត្រឹមតែតភ្ជាប់តំបន់នេះទៅកាន់តំបន់អង្គរប៉ុណ្ណោះទេ វាក៏តភ្ជាប់ទៅកាន់មជ្ឈមណ្ឌលជាច្រើនកន្លែងទៀត ដែលបានភ្ជាប់ទៅនឹង***បឹងទន្លេសាប*** និង ***ទន្លេមេគង្គ***។ ទីតាំងដាច់ស្រយាលរបស់ ***ព្រះខ័ន*** បានធ្វើឱ្យមានការសិក្សាស្រាវជ្រាវបុរាណវិទ្យាតិចតួចពីទីក្រុងសំខាន់នេះ ហើយប្រវត្តិសាស្ត្ររបស់ព្រះខ័នពឹងផ្អែកទៅលើកាលបរិច្ឆេទនៃរចនាបថស្ថាបត្យកម្មប្រាសាទ និងសិលាចារឹក។ ប្រភពព័ត៌មានពីរចនាបថស្ថាបត្យកម្មប្រាសាទ និងសិលាចារឹករួមគ្នាបង្ហាញពីសកម្មភាពជាច្រើនក្នុងសម័យអង្គរ រវាងសតវត្សទី១១ ដល់១៣។ ទោះបីជាយ៉ាងណាក៏ដោយ ដោយសារទំហំ និងសក្តានុពលសេដ្ឋកិច្ចរបស់វា ទំនងជាមានការរស់នៅរយៈពេលវែង គឺមុននិងក្រោយកាលបរិច្ឆេទខាងលើនេះ។



រូប ១: ផែនទីបង្ហាញទីតាំងព្រះខ័នកំពង់ស្វាយ ហើយមានទំនាក់ទំនងរបស់វា ទៅនឹងអង្គរតាមណ្តោយ ផ្លូវខាងកើត។ ភ្ជាប់ជាមួយនូវរូបភាព SPOT នៃរាជធានី

គម្រោងស្តីពី "ឧស្សាហកម្មចក្រភពអង្គរ"(INDAP) គឺតំណាងឱ្យការសិក្សាស្រាវជ្រាវមួយធ្វើឡើងយ៉ាងហ្មត់ចត់ និងតាមប្រព័ន្ធ ធ្វើឡើងតាមដំណាក់កាល គឺដំណាក់កាលផលិត និងចែកចាយផលិតផលឧស្សាហកម្ម (ដែក ប្រាសាទ ការតាំងលំនៅដ្ឋាន) និងផលប៉ះពាល់ដល់បរិស្ថានដែលបង្កឡើងដោយសកម្មភាពក្នុងមជ្ឈមណ្ឌលនេះ។ ក្នុងដំណាក់កាលសិក្សាពីសកម្មភាពឧស្សាហកម្ម នឹងផ្តល់នូវរូបភាពថ្មីមួយពីរបៀបដែលមជ្ឈមណ្ឌលទាំងនេះធ្វើសកម្មភាពក្នុងអាណាចក្រខ្មែរធំធេងក្នុងតំបន់អាស៊ីអាគ្នេយ៍តាមរយៈទស្សនៈសេដ្ឋកិច្ចនិងនយោបាយ។ លទ្ធផលរួមផ្សំគ្នាពីការវិភាគឧស្សាហកម្មទាំងបីផ្សេងគ្នា (ដែក ប្រាសាទ ការតាំងលំនៅដ្ឋាន) អាចធ្វើឱ្យយើងបកស្រាយយ៉ាង ទូលំទូលាយដូចខាងក្រោម ÷

១/ កំណត់ពីធម្មជាតិ និងវិសាលភាពនៃការផលិតសម្ភារឧស្សាហកម្ម និងការតាំងទីលំនៅរបស់មនុស្សដែលអាចជាអ្នកបំរើការដល់សកម្មភាពឧស្សាហកម្មទាំងនេះ

២/ រកឱ្យឃើញថាពេលណាទីក្រុងចាប់ផ្តើមកសាង និងពេលណាចាប់ផ្តើមធ្វើឧស្សាហកម្ម

៣/ កំណត់ពីទីតាំងទីក្រុង និងទំហំសកម្មភាពឧស្សាហកម្មដែលផ្គត់ផ្គង់តម្រូវការរបស់ក្រុងអង្គរ

៤/ បង្ហាញយ៉ាងច្បាស់លាស់ពេលណា***ព្រះខ័ន*** និង ឧស្សាហកម្មរបស់វាដួលរលំ

បន្ថែមពីលើនេះទៀត ការសិក្សាស្រាវជ្រាវនេះនឹងប៉ាន់ប្រមាណថា តើទីក្រុង***ព្រះខ័នកំពង់ស្វាយ*** ជាទីក្រុងដូចគ្នានឹងទីក្រុងដទៃទៀតនៅសម័យអង្គរ? ឬក៏ជាទីក្រុងមានតែមួយគត់និងមានជំនាញយ៉ាងពិតប្រាកដ។ ជាចុងក្រោយ ការសិក្សាស្រាវជ្រាវនេះនឹងផ្តល់ព័ត៌មានថ្មីៗ អំពីកិច្ចសហប្រតិបត្តិការណ៍ ការប្រតិបត្តិ និងការបោះបង់អាណាចក្រដ៏ធំមួយនៅក្នុងពិភពលោក។

ការសិក្សាស្រាវជ្រាវមុនៗនៅព្រះខ័នកំពង់ស្វាយ

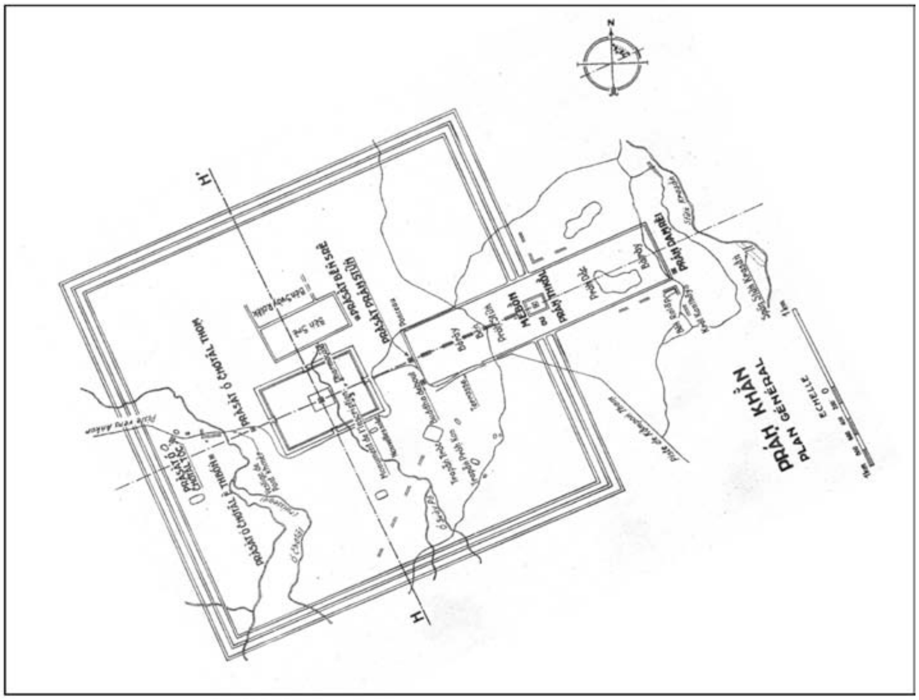
ការសិក្សាស្រាវជ្រាវកន្លងទៅសង្កត់ធ្ងន់ទៅលើប្រធានបទសំខាន់ៗបី៖ ការសិក្សាពីលក្ខណៈស្ថាបត្យកម្ម ការបង្កើតកាលប្រវត្តិប្រាសាទ តាមរយៈសំណង់ស្ថាបត្យកម្ម និងសិលាចារឹក ហើយនឹងពិភាក្សាអំពីមុខងាររបស់ រាជធានី។ នៅឆ្នាំ១៨៦៦ បេសកម្មគណៈកម្មការរុករកទន្លេមេគ្គ (*សូមមើល Delaporte 1999[1880]* និង *Tissandier 1896:75-80*) បានផ្តល់នូវឯកសារកត់ត្រាលើកដំបូងរៀបរាប់ពីប្រាសាទនៅ***ព្រះខ័នកំពង់ស្វាយ*** និងតដាកដ៏ធំលាក់ខ្លួនក្នុងព្រៃខាងលិចស្ទឹងស្ទោង។ Aymonier(*1900*) និង Lunet de Lajonquière(*1902*) ដែលជាអ្នកបានចុះបញ្ជីរប្រាសាទបានយ៉ាងច្រើនក្នុងអំឡុងរបបអាណាព្យាបាលបារាំង បានបំពេញបន្ថែមព័ត៌មានលំអិតពីសំណង់ស្ថាបត្យកម្ម ហើយក៏បានកត់ត្រាលក្ខណៈជាច្រើន ដែល ***ព្រះខ័ន*** ខុសប្លែកពីមជ្ឈមណ្ឌលដទៃទៀត នៅសម័យអង្គរ ដូចជា ៖

- ទំហំសំណង់ ជាពិសេសកំផែងព័ទ្ធជុំវិញទីក្រុងប្រវែង៥គម[២]

- ប្រាសាទលាតសន្ធឹងតាមអក្សខាងជើងឈៀងខាងកើត និងខាងត្បូងឈៀងខាងលិច មិនមែនស្ថិតនៅតាមអក្សខាងកើត-ខាងលិច ដូចទៅនឹងសំណង់ស្ថាបត្យកម្មជុំវិញអង្គរ (*Aymonier 1900:430, Lunet de Lajonquière 1902:242*)។ បន្ទាប់មកលោក Mauger(*1939*) បានបោះពុម្ពឯកសារអត្ថាធិប្បាយលម្អិត អំពីលក្ខណៈស្ថាបត្យកម្មដោយមានជំនួយពីរូបថតទីក្រុងពីលើអាកាសរបស់លោក Terrasson និងលោក Goloubew (*រូបទី២*)។ ផែនទីប្រាសាទ***ព្រះខ័ន***នេះ គឺនៅតែប្រើប្រាស់ជាផែនទីមូលដ្ឋានសម្រាប់ការបោះពុម្ពផែនទី ទីក្រុងក្នុង ពេលថ្មីៗ (*សូមមើល Jacques និង Lafond 2004: 264, Phann និង Chrin2007*)។ ផែនទីទូទៅរួមមាន ប្រាសាទជាមួយរចនាសម្ព័ន្ធធារាសាស្ត្រ និងការតាំងលំនៅដ្ឋានតម្រូវឱ្យមានការបោះពុម្ព ដូចការបោះពុម្ពនៅអង្គរ (*Pottier 1999, Evans 2007*) និងនៅកោះកេរ្តិ៍ (*Evans 2009*)។

ដូចមជ្ឈមណ្ឌលក្នុងសម័យអង្គរជាច្រើនដទៃទៀតដែរ កាលប្រវត្តិនៃ***ព្រះខ័ន*** អាចធ្វើបានពីការបញ្ចូលគ្នារវាងសិលាចារឹក និងរចនាបថស្ថាបត្យកម្ម។ ខណៈដែលសិលាចារឹកបីមានកាលបរិច្ឆេទបានរកឃើញ គឺ K.970 (*9th c. CE [Cœdès 1964]*) K. 161 (*~1010 CE [Kern 1880]*) និង K. 888 (*early 14th c. CE [Mauger 1939:212]*)

មានតែសិលាចារឹក K.161 ដែលបានរកឃើញនៅ**ប្រាសាទសិលាចារឹក** ឬពី**ប្រាសាទកាត់ក្ដី** ផ្ដល់ព័ត៌មានប្រវត្តិសាស្ត្រសំខាន់ៗយ៉ាងលំអិត។ សិលាចារឹកចារជាសំស្ក្រឹតដ៏ល្អបរិយាយពីភក្ដីភាពចំពោះ ***ព្រះសិវៈ ព្រះពុទ្ធ*** និងអត្ថាធិប្បាយពីអំណាចរីកដាលរបស់***ព្រះបាទសូរ្យវរ្ម័នទី១*** (*1002-1050 CE*) (*T.S Maxwell, pers. comm., July 2010*)។ យោងតាម កាលបរិច្ឆេទនេះ Mauger បានសន្និត់ថា ប្រាសាទ***កាត់ក្ដី*** គឺជាប្រាសាទទីមួយបានសាងសង់នៅ***ព្រះខ័ន*** (1939:217-218)។ ការយល់ដឹងពីប្រាសាទគឺពឹងផ្អែកលើរចនាបថ ស្ថាបត្យកម្មរបស់វា ដែលមានកាលបរិច្ឆេទអាចនៅដើមពាក់កណ្ដាលសតវត្សទី១២ (រចនាបថអង្គរ) ឬនៅចុងសតវត្ស ទី១២ និងដើមសតវត្សទី១៣ រចនាបថបាយ័ន្ត(*Stern 1965: 87-99; Cunin 2004*)។ កន្លងមក មិនមានការធ្វើកាលបរិច្ឆេទតាមរយៈការធ្វើវិភាគវិទ្យុសកម្ម (Radiometric) នៅឡើយទេ ហើយក៏មិនមានការសិក្សាលំអិតពីកុលាលភាជន៍នៅឡើយដែរ។



រូបទី ២ : Mauger (1939) ប្លង់ដើមរបស់ព្រះខ័នកំពង់ស្វាយ

ការបកស្រាយអំពីមុខងាររបស់***ព្រះខ័ន***បានផ្ដោតលើការពណ៌នាពីបដិមាព្រះពុទ្ធនៅក្នុងប្រាសាទ និងការអត្ថាធិប្បាយអំពីទីតាំងភូមិសាស្ត្រដាច់ស្រយាលរបស់វា។ ការសាយភាយរូបបដិមាករព្រះពុទ្ធ បាននាំឱ្យអ្នកស្រាវជ្រាវជជែកគ្នាពីការគោរពបូជាចំពោះព្រះពុទ្ធសាសនានិកាយតង់ទ្រិច (*Sharrock 2009*) និងវត្តមានរបស់**ស្រីហាន** Crighana (Jacques និង Lafond 2004:289)។ ការបកស្រាយសាសនាទាំងនេះ ត្រូវបានឆ្លាក់ជាប់ជាមួយ

រចនាបថស្ថាបត្យកម្ម និងព្រះរាជា ដែលស្ថិតក្នុងរជ្ជកាលមានទំនាក់ទំនងនឹងប្រាសាទ***អង្គរវត្ត*** កសាងឡើងដោយ ***ព្រះបាទសូរ្យវរ្ម័នទី២*** និងប្រាសាទ***បាយ័ន្ត***-កសាងឡើងដោយ***ព្រះបាទជ័យវរ្ម័នទី៧***។ ព្រះរាជាទាំងពីរអង្គសុទ្ធតែមានទំនាក់ទំនងទៅនឹង***ព្រះខ័ន*** ជាទីកន្លែងកំណើតរបស់ព្រះរាជាទាំងពីរ (*សូមមើល Jacques និង Lafond 2004:289*)ជារាជវាំងដំបូង ឬជាទីជម្រកដំបូង ឬជាកន្លែងអន្តរកាលមុននឹងទៅដល់រាជធានីអង្គរ (*Groslier 1973:64*)។ យើងប្រហែលជានឹងរកឃើញទិន្នន័យបុរាណវត្ថុវិទ្យា ដើម្បីបញ្ជាក់ឱ្យត្រឹមត្រូវពីសម្មតិកម្មខាងលើទាំងនេះ។

ដោយចង់យល់ដឹងបន្ថែមទៀត ជាមួយនឹងការសិក្សាសាកល្បងដែលអាចធ្វើទៅបាន ទិសដៅនៃការសិក្សាស្រាវជ្រាវគឺចង់បកស្រាយអំពីភូមិសាស្ត្រ***ព្រះខ័ន*** ដែលមានទីតាំងដាច់តែឯង នៅផ្នែកខាងកើតនៃរាជធានីអង្គរ។ លោក Groslier (*1973:117*) បានអះអាងថា ខ្មែរមានប្រពៃណីតាំងទីមជ្ឈមណ្ឌលធំៗនៅតាមផ្លូវទឹក។ ជាក់ស្តែង ***ព្រះខ័ន*** យកស្ទឹងសម្រាប់ប្រើប្រាស់ក្នុងគោលបំណងយកទឹកសម្រាប់តម្រូវការក្នុងទីក្រុង ឬជាផ្លូវទឹកដឹកជញ្ជូន។ Groslier ក៏បានជូនយោបល់ថា ***ព្រះខ័ន***គឺជាទីតាំងកងទាហានប្រចាំផ្នែកខាងក្រៅអង្គរនៅប៉ែកខាងកើត ក្នុងអំឡុងពេលសង្គ្រាមខ្មែរ*ចាម* នៅសតវត្សទី១២ (*Ibid.:257*)។ ផ្ទុយទៅវិញ បើគ្មានមជ្ឈមណ្ឌលខ្មែរនៅខាងកើតនៃ ***ព្រះខ័ន*** ការអះអាងនេះហាក់ដូចជាមានមន្ទិលសង្ស័យនៅឡើយ។ បេះដូងនៃ***ទឹកដីចាម***ជុំវិញ***វិជ័យ*** មានចម្ងាយជាង ៥00គម និងគ្មានភស្តុតាងផ្លូវនៅខាងកើតព្រះខ័នឆ្លងកាត់តាមព្រៃក្រាស់ និងទៅកាន់តំបន់ជួរភ្នំអាណាម ***Annamite Chain Mountains***។ តាមការពន្យល់ទាក់ទងនឹងទីតាំងក្នុងតំបន់ ***ព្រះខ័ន*** កសាងឱ្យជិតប្រភព រ៉ែដែកនៅជុំវិញភ្នំដែក។ បន្ទាប់ពី Aymonier (1900:430-431) រកឃើញអាចម៍ដែកនៅខាងក្រៅកំពែងទីបីនៃ ប្រាសាទ***ព្រះខ័ន*** ចាប់ផ្តើមមានចំណាប់អារម្មណ៍សិក្សាអំពីផលិតកម្មដែកតិចតួច។ ជាងមួយទសវត្សរកន្លងទៅនេះ មានការបោះពុម្ពខ្លះៗបង្ហាញពី ចំណាប់អារម្មណ៍ពីផលិតកម្មលោហៈនៅ***ព្រះខ័ន*** (*សូមមើល Jacques និង Lafond 2004:259-261, Living Angkor Road Project 2008[II]: 232*)នាំឱ្យលោក Jacques មានចម្ងល់ថា តើ***ព្រះខ័ន***ជាបេះដូងនៃទីក្រុង ឧស្សាហកម្មមួយឬ (*Jacques 2007: 32*)។ ដូច្នេះ គួរតែមានការសិក្សាស្រាវជ្រាវស្វែងយល់ពីទំហំ និងវិសាលភាពនៃឧស្សាហកម្មនៅក្នុងរាជធានីនេះ។

គម្រោងនៃការសិក្សាស្រាវជ្រាវ

ការសិក្សាស្រាវជ្រាវនៅ***ព្រះខ័នកំពង់ស្វាយ***ត្រូវធ្វើឡើងរួមបញ្ចូលទាំងប្រាសាទ ហេដ្ឋារចនាសម្ព័ន្ធ និង ប្រវត្តិសាស្ត្ររួមជាមួយនឹងការពិចារណាអំពីការរុករកធនធានរ៉ែ និងផលប៉ះពាល់លើបរិស្ថានដោយសារការស្លដែក។ តាមរយៈការរកឃើញលំនៅដ្ឋាន ការប្រែប្រួលឧស្សាហកម្ម ហើយនិងមានកំណត់ត្រាភស្តុតាងអំពីផលិតកម្មដែក យើងនឹងអាច

សិក្សាស្វែងយល់អំពីប្រវត្តិសាស្ត្រឧស្សាហកម្ម និងការតាំងលំនៅដ្ឋាន។ កំណើនផលិតកម្មនឹងជះឥទ្ធិពល យ៉ាងខ្លាំងលើទេសភាព ឧទាហរណ៍ តាមរយៈការកាប់បំផ្លាញព្រៃឈើដើម្បីយកអុសសម្រាប់ដុត និងតម្រូវការផ្សេងៗ ឬក៏តាមរយៈការបំពុលរបស់ឧស្សាហកម្ម។ អាងទឹកដែលមិនចេះរីងស្ងួតគឺ តដាកប្ញបារាយណ៍ ប្រវែង៣គ.ម ជាអាងទឹកដ៏សំខាន់អាចបង្ហាញអំពីការផ្លាស់ប្តូរបរិស្ថាន និងវប្បធម៌។ ទីមួយ វាជាហេដ្ឋារចនាសម្ព័ន្ធចាស់មួយក្នុងតំបន់ ដែលវាទំនងជាបម្រើឱ្យការងារយ៉ាងសំខាន់ និងជួយសម្រួលដល់នយោបាយក្នុងតំបន់ និងគ្រប់គ្រងទេសភាពនៅគ្រប់រដូវកាល។ ទីពី បារាយណ៍រក្សាទុកព័ត៌មានបរិស្ថានធម្មជាតិ ដូចជាភស្តុតាងនៃរុក្ខជាតិ និងការបំពុលបរិស្ថាន ដែលអាចឱ្យយើងកត់ត្រាអំពីប្រវត្តិបរិស្ថាននៅ***ព្រះខ័ន*** និងតាមរយៈវិសាលភាពសកម្មភាពនៃការតាំងលំនៅដ្ឋាន និងការបង្កើតឧស្សាហកម្ម។ ការវិភាគប្រវត្តិសាស្ត្របរិស្ថានបារាយណ៍នៅអង្គរ (*សូមមើល ឯកសាររបស់បណ្ឌិត Penny et al. 2006*) បង្កើតឱ្យមានភាពមិនស្របគ្នាជាមួយលទ្ធផលនៃការសិក្សាសិលាចារឹកកន្លងមក និងកាលប្រវត្តិសំណង់ស្ថាបត្យកម្មប្រាសាទ។ ទិន្នន័យបរិស្ថានត្រូវដាក់បញ្ចូលគ្នាជាមួយភស្តុតាងនៃការផលិតដែក ដោយកត់ត្រាពីទំហំ ប្រវត្តិសាស្ត្រ និងការចែកចាយនៅស្ថានីយប្រវត្តិសាស្ត្រនេះ។

ក្នុងរដូវកាលចុះសិក្សាស្រាវជ្រាវក្នុងខែធ្នូ ឆ្នាំ ២០០៩ មានគោលដៅសំខាន់ៗបី ÷

១/ ការយល់ដឹងអំពីធម្មជាតិ និងវិសាលភាពនៃហេដ្ឋារចនាសម្ព័ន្ធក្នុងសម័យអង្គរ ក្នុង និងជុំវិញរាជធានី

២/ ផលិតឯកសារមានកាលបរិច្ឆេទពីការបំពុលរបស់ឧស្សាហកម្ម និងសកម្មភាពនៃការតាំងលំនៅដ្ឋាន និងការពឹងផ្អែកទៅលើការខួងកំណាកដីពីទីតាំងទំនាបពីរ ដែលស្ថិតនៅបរិវេណ***ព្រះខ័ន***។

៣/ យកព័ត៌មានបច្ចេកវិទ្យា និងកាលប្រវត្តិពីស្ថានីយផលិតនីមួយៗ។

ការស្រាវជ្រាវនេះ និងផ្តល់នូវការឆ្លុះបញ្ចាំងការប្រតិបត្តិការណ៍ដំបូងរបស់មជ្ឈមណ្ឌលឧស្សាហកម្មខ្មែរ និងមុខងាររបស់វាក្នុងការធ្វើឱ្យរីកចំរើន និងការដួលរលំ ក្នុងសម័យអង្គរគ្រប់គ្រងនៅឧបទ្វីបអាស៊ីភាគអាគ្នេយ៍។

វិធីសាស្ត្រស្រាវជ្រាវ

គោលបំណងសិក្សាស្រាវជ្រាវអាចសម្រេចទៅបាន គឺតាមរយៈការសិក្សាដោយចុះដល់មូលដ្ឋាន (ខួងដី និងកំណាយ) នៅខែធ្នូ ឆ្នាំ២០០៩ និងតាមការធ្វើវិភាគផ្សេងៗទៀតដូចជា ផែនទីលើអាកាស ស្លាកស្នាមលោហៈ និងវិភាគលំអងផ្កាជាដើម។ សកម្មភាពសំខាន់ៗទាំងបីរួមមាន ការគូរផែនទី ការខួងដី និងការធ្វើកំណាយ។

សមាជិកចុះសិក្សាស្រាវជ្រាវរួមមាន ÷

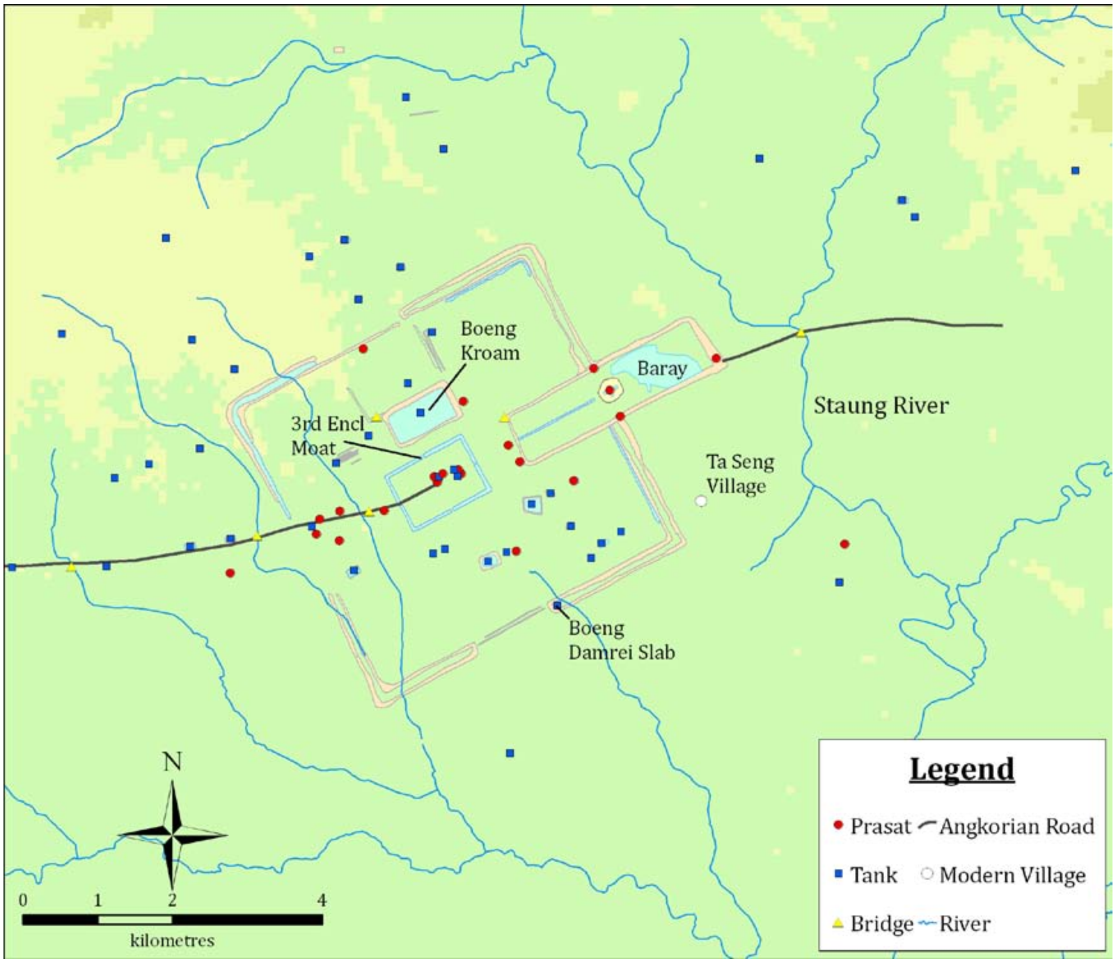
- លោក Mitch Hendrickson (សាកលវិទ្យាល័យស៊ីដនី)
- លោក Dan Penny (សាកលវិទ្យាល័យស៊ីដនី)

- លោក David Brotherson (សាកលវិទ្យាល័យស៊ីដនី)
- លោក T. Oliver Pryce (សាកលវិទ្យាល័យអុកហ្វដ)
- លោក ផុន កសិកា (រាជបណ្ឌិត្យសភាកម្ពុជា)
- លោក ច័ន្ទ សុវិចិត្រា (ក្រសួងវប្បធម និងវិចិត្រសិល្បៈ)
- លោក ស៊ូ ស៊ុ (អាជ្ញាធរជាតិព្រះវិហារ)
- លោក ឡេង វិទូ (សាកលវិទ្យាល័យភូមិន្ទវិចិត្រសិល្បៈ)
- លោក ខាត់ ស្រីម (សាកលវិទ្យាល័យភូមិន្ទវិចិត្រសិល្បៈ)
- លោក ទាវ វិចិត្រ (សាកលវិទ្យាល័យភូមិន្ទវិចិត្រសិល្បៈ)

ការស្រាវជ្រាវ និងគូរផែនទីស្ថានីយបុរាណវិទ្យា

ការគូរផែនទីឡើងវិញនៃហេដ្ឋារចនាសម្ព័ន្ធ (អាងស្តុកទឹក ទំនប់ និងប្រាសាទ) ខាងក្នុង និងជុំវិញ ***ព្រះខ័ន*** ដែលបានចាប់ផ្តើមតាំងពី ខែមករា ឆ្នាំ២០០៩។ យោងទៅតាមវិធីសាស្រ្ត ដែលបានប្រើប្រាស់នៅអង្គរ ដោយលោក Pottier (*1999*) និងលោក Evans (*Evans 2007*) សំណង់បុរាណវត្ថុអចល័ត ដូចជា កស្សិណទឹក ប្រាសាទ ទំនប់ ត្រូវបានគូរក្នុងកម្មវិធីArcGIS រួមផ្សំជាមួយប្រភពមកពីរូបថតលើអាកាស រួមមាន ASTER, GoogleEarth, OrbView3 និង 1992 Finnmap រូបថតលើអាកាសពណ៌ខ្មៅស ទំហំ1:25000។ ប្លង់ដំបូងរបស់ព្រះខ័ន (*រូប ៣*) បង្ហាញលក្ខណៈសំខាន់ៗពីរ។ លក្ខណៈទីមួយ មានភាពផ្ទុយគ្នាជាមួយផែនទីរបស់លោក Mauger អំពីសំណង់កំពែងទី៤ ដែលមិនមានគូទឹកពីរជាន់។ តាមរយៈការសិក្សាលើដី បានរកឃើញថា គេបានសាងសង់ប្រលោះមួយនៅលើជញ្ជាំងខាងត្បូង។ ប្រលោះនេះនៅជិត***បឹងជីស្លាប់*** អាចមានតួនាទីជាហេដ្ឋារចនាសម្ព័ន្ធនៃកំពែងក្រុង ឬអាចជាទ្វារបន្ទាយ។ កង្វះខាតនៃសំណង់ប្រឡាយខាងក្នុងកំពែង ប្រលោះនេះអាចមានតួនាទីជាច្រកបង្ហូរទឹកចេញពីរាជធានី។ ខណៈដែលគ្មានសំណង់ ដូចដែលបានរកឃើញនៅអង្គរធំ ប្រលោះនៅកំពែងទី៤ប្រហែលជាកសាងដើម្បីឱ្យមានទំនាក់ទំនងជាមួយនឹងកំពែងទី៤នេះ។ លក្ខណៈទីពីរគឺ មានហេដ្ឋារចនាសម្ព័ន្ធតិចតួចនៅខាងក្រៅ***ព្រះខ័ន*** ជាពិសេសផ្នែកខាងកើតស្ទឹងស្ទោង។ រូបភាពបែបនេះមានទម្រង់ផ្ទុយទៅនឹងនៅបរិវេណអង្គរ និងមជ្ឈមណ្ឌលខ្មែរដទៃទៀត ដែលមានការតាំងលំនៅដ្ឋានយ៉ាងច្រើន។ យើងអាចចោទជាសម្មតិកម្មថា កង្វះខាតនៃសហគមន៍នៅបរិវេណ***ព្រះខ័ន*** គឺមានទំនាក់ទំនងនឹងស្ថេរភាពដីជីសម្រាប់ធ្វើកសិកម្ម ឬតំបន់នេះតំណាងអោយព្រំដែនអាណាចក្រខ្មែរសម័យអង្គរ។

យោងទៅតាមការបកស្រាយខាងលើ ***ព្រះខ័ន***ត្រូវបានគេយកជាទីតាំងយុទ្ធសាស្ត្រសំខាន់ទៅកាន់ភ្នំដែក និងទៅកាន់ធនធានដ៏មានសក្តានុពលនៃភ្នំនេះ ។



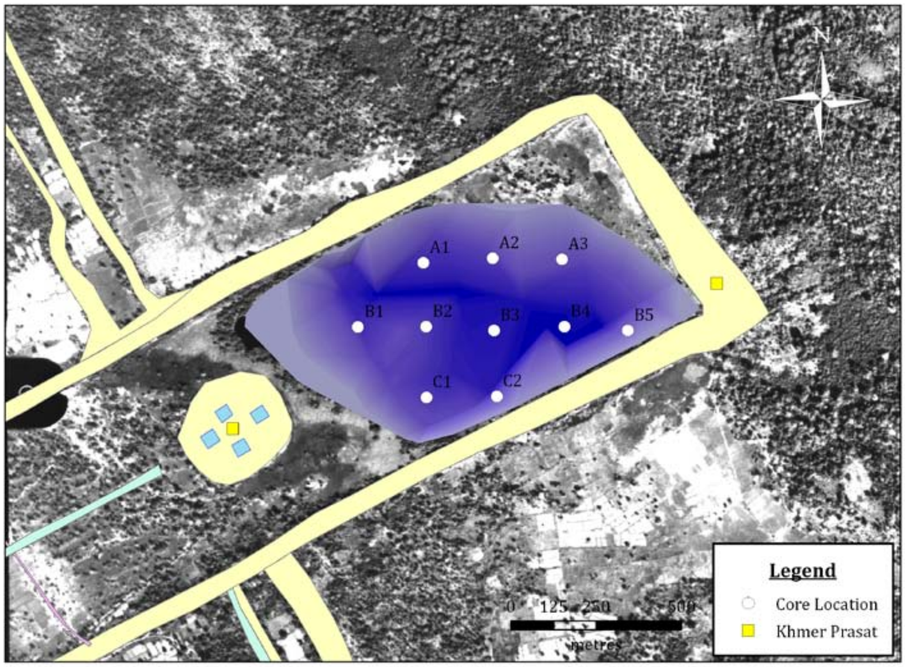
រូប ៣: ប្លង់ព្រះខ័នកំពង់ស្វាយ បង្ហាញពីប្រាសាទ និងតដាកខាងក្នុង និងខាងក្រៅកំពែងរាជធានី

ការខួង: បារាយណ៍ និងគូរទឹក

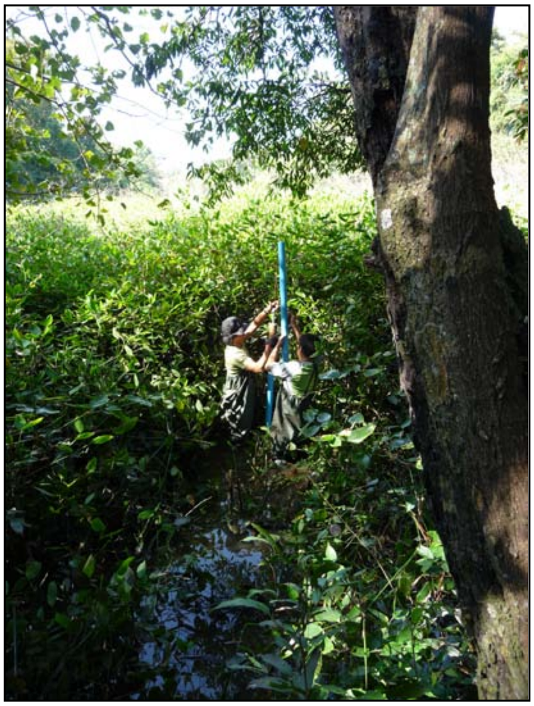
ការសិក្សាស្រាវជ្រាវឧស្សាហកម្មនៅ ***ព្រះខ័ន*** និងប្រវត្តិនៃការតាំងលំនៅដ្ឋានធ្វើឡើងដោយមានការប្រមូលគំរូកំណកដីពីបារាយណ៍ និងគូរទឹកខាងត្បូងនៃកំពែងទី៣ ។ តំបន់ទំនាបដែលសើមជាអចិន្ត្រៃយ៍ចាប់យកធាតុពលពីបរិយាកាស (ឧទាហរណ៍ លោហ:) និងរុក្ខជាតិ ដែលនៅសេសសល់ (លំអងផ្កា) ដើរតួជាគំរូនៃផលិតកម្មឧស្សាហកម្ម និងការបម្រែបម្រួលអាកាសធាតុបង្ករឡើងដោយសកម្មភាពរបស់មនុស្ស ។ ការសិក្សាអំពីបារាណ៍ទឹកក្នុងតំបន់អង្គរធ្វើឱ្យមានការប្រែប្រួលប្រវត្តិសាស្ត្រយ៉ាងខ្លាំង (សូមមើលរបាយការណ៍របស់ *Penny et al. 2006*) ។ អំណះអំណាង

នេះធ្វើឡើងដោយការប្រមូលទិន្នន័យពីបារាយណ៍។ វិធីវាស់ជម្រៅបារាយណ៍(*រូប ៤*) បានធ្វើឡើង ដោយការកត់ត្រាជម្រៅទឹក ដោយប្រើទូកនេសាទពីរ ជាមួយនិងម៉ាស៊ីនស្ទង់តូតាលស្ថេស្សិន (total station) តំលើងនៅជ្រុងទិសអគ្នេយ៍នៃខ្នងទំនប់។ តាមរយៈការប្រៀបធៀបជាមួយបារាយណ៍ដទៃទៀតក្នុងតំបន់អង្គរ បារាយណ៍នៅ***ព្រះខ័ន*** គឺមានជម្រៅជ្រៅជាង រហូតដល់ ៥.៨ម។ ទីកន្លែងដែលចោទ និងទ្រង់ទ្រាយមិនស្មើរជ្រុងនៃវាលទំនាប អាចធ្វើឱ្យយើងគិតថា ខ្មែរបានបង្កើតបារាយណ៍មានទំនប់រាងចតុកោណកែងព័ទ្ធជុំវិញប្រភពទឹកដែលមានស្រាប់ ឬជាសំណល់ស្ទឹងក្រចកជើងសេះបន្សល់ពីស្ទឹងស្ទោង។ ការប្រើប្រាស់ការវាស់ជម្រៅស៊េរីនៃការខួងកំណាកដីត្រូវបានដកស្រង់ក្នុងប្លង់គំរូ (*រូប ៤*) ដោយការប្រើប្រាស់ការបុកបំពង់ទិបពីបាតបារាយណ៍។ យើងបានខួងចំនួនចំនួន១០បំពង់មានប្រវែងពី ៦០សម ទៅ ១៦៨ស.ម។ ទីតាំងខួងទីពីរគឺនៅក្នុងគូរទឹកនៃកំពែងទី៣។ ដោយហេតុថាគូរទឹក ស្ថិតនៅជិតនឹងទីតាំងស្លដែកនៅលើខ្នងទំនប់***បឹងក្រោម***ផ្នែកខាងត្បូង ដូចនេះទីតាំងនេះល្អវិសេសសម្រាប់រកពីស្លាកស្នាមបម្រែបម្រួលនៃការបំពុលបរិយាកាសតាមរយៈការខួងកំណាកដី។ បំពង់ទិបដីខ្លីៗពីរ បានប្រមូលនៅតាមផ្លូវដើរ ផ្នែកខាងលិច(*រូប ៥*)។

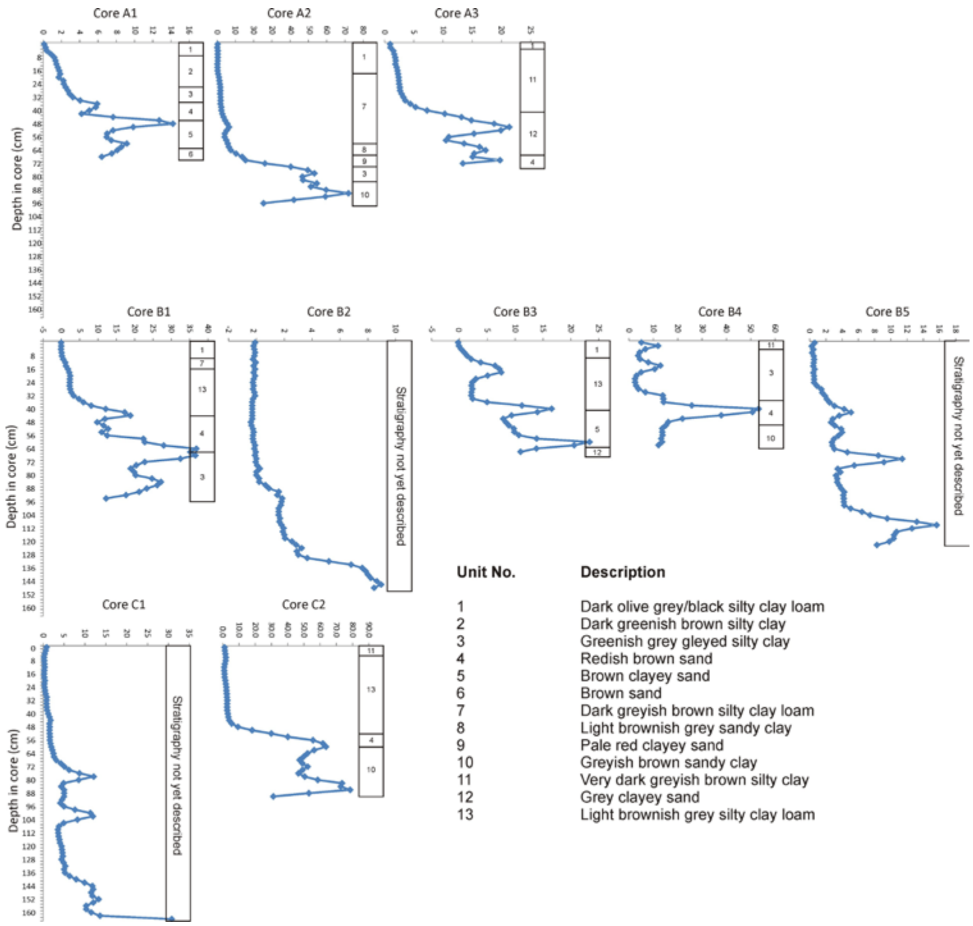
ការសិក្សាស្រាវជ្រាវតាមរយៈការខួងនៅការដ្ឋាន រួមមានការអត្ថាធិប្បាយអំពីដី និងស្ទង់ម៉ាញ៉េទិច (magnetic suscept- ibility readings) ដោយប្រើប្រាស់ម៉ែត្រ Bartington MS2C meter។ ការស្ទង់ម៉ាញ៉េទិច (Magnetic Susceptibility Readings) អាចវាស់ពីលទ្ធភាពនៃកំណាកដី ដើម្បីធ្វើឱ្យក្លាយជាម៉ាញ៉េទិចដោយម៉ាញ៉េទិចខាងក្នុង ហើយរាល់ចលនាឡើងចុះ និងបម្រែបម្រួលក្នុងកំណាកដី បង្ហាញពីសកម្មភាពវប្បធម ដូចជា ក្នុងដំណាក់កាលសាងសង់ជាដើម។ ការកើតមានឡើងរហូតដល់កម្រិតកំពូលក្នុងការខួងដីជាច្រើន (*រូប ៦*) បង្ហាញពីប្រវត្តិសាស្រ្តកើតឡើងផ្ទួនៗគ្នានៅក្នុងបារាយណ៍។ ទោះបីជាយ៉ាងណាក៏ដោយ ការសិក្សាវិភាគបន្ថែមទៀតគឺត្រូវតែធ្វើ ឡើងដើម្បីបញ្ជាក់ពីធម្មជាតិនៃការប្រែប្រួលទាំងនេះ។



រូប ៤: ការវាស់ជម្រៅបារាយណ៍ និងទីតាំងកំណាកដី



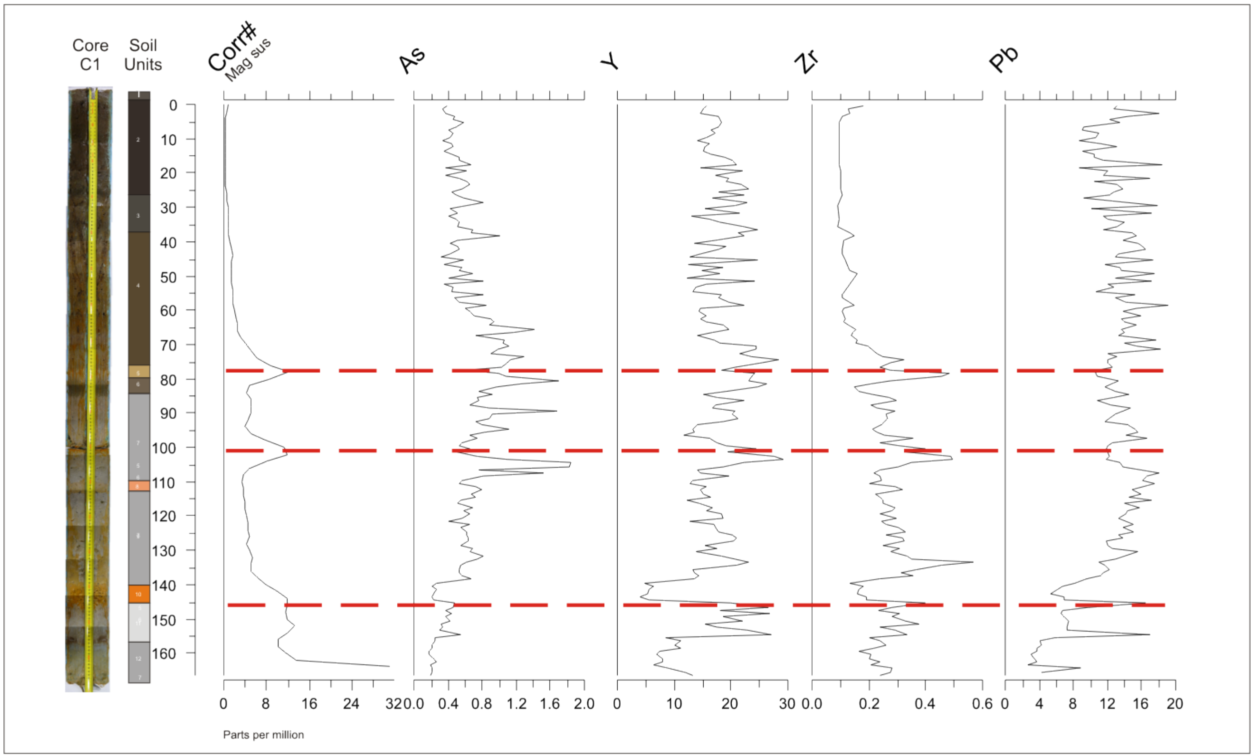
រូប ៥: ការប្រមូលសំណាកខួងដីនៅគូរទឹកខាងលិចនៃកំពែងទី៣ ខ្លោងទ្វារខាងជើង



រូប ៦: ការប្រៀបធៀបការស្ទង់ម៉ាញ៉េទិច (Magnetic susceptibility readings) ចំពោះដីខួងនៅបារាយណ៍

បំពង់បី(C1 B2 និង M2)ត្រូវបាននាំចេញទៅសាកលវិទ្យាល័យស៊ីដនី សម្រាប់ការវិភាគស្លាកស្នាម លោហៈទំហំតូច លំអងផ្កា និងអាយុកាល។ កិច្ចសហប្រតិបត្តិការណ៍ជាមួយលោកបណ្ឌិត Colin COOKE ជាអ្នកភូគព្ភគីមី ឯកទេសខាងរកស្លាកស្នាមសកម្មភាពឧស្សាហកម្មក្នុងដីបុរាណ ដែលអាចជាស្លាកស្នាមយ៉ាងជាក់លាក់ ១សម ចន្លោះ ICP-MS តាមការវិភាគបំពង់ទីបC1។ ក្នុងបំពង់C1មានទាំងសំណ(Pb) និង អាសេនិក (As) បង្ហាញយ៉ាងច្បាស់ នូវការកើនឡើងលើបំពង់ទីបខាងលើ(*រូប ៧*)។ អាលុយមីញ៉ូមគឺត្រូវបានប្រើប្រាស់ជាសាមញ្ញជាសារធាតុភូគព្ភសាស្ត្រ សម្រាប់ជាចាប់ប្រមូលសារធាតុផ្សេងៗ ហើយនៅពេលសំណ(Pb)ធ្វើនិយ័តកម្មទៅជាបន្ទុំ អាលុយមីញ៉ូម (Al) ស្រាប់តែមានការកើនជម្រៅឡើងប្រមាណ ១៤៥ស.ម។ ការអង្កុលបង្ហាញបន្ថែមទៀតពីមានវត្តមាននៃការបំពុលបរិស្ថាន ដែលបន្សល់ពីលោហៈដែលមនុស្សបានធ្វើ។ ខណៈដែលមានបន្ទុំទិន្នន័យគ្រប់គ្រាន់ ហើយនោះ យើងមានបញ្ហាក្នុងការបកស្រាយពីបន្ទុំទិន្នន័យទាំងនោះ។ អាត្រាប្រែប្រួលនៃកំណកចាក់បង្គរអាចកាត់

បន្ថយបម្រែបម្រួលនៃស្លាកស្នាមលោហៈ និងអាចធ្វើឱ្យប្រវត្តិបំពុលបរិស្ថានមិនច្បាស់លាស់។ ហេតុដូច្នេះ ការធ្វើកាលបរិច្ឆេទតាមរយៈវិទ្យុសកម្មដែលយកពីកំណកដីខួង គឺមានបញ្ហាសម្រាប់កាកំណត់ពីអាត្រាចាក់បង្គរលោហៈ ហើយនិងមានបញ្ហាចំពោះកាលបរិច្ឆេទផលិតកម្មលោហៈ ក្នុងកំឡុងពេល និងក្រោយពេល***ព្រះខ័នកំពង់ស្វាយ*** ក្លាយជាមជ្ឈមណ្ឌលឧស្សាហកម្ម។

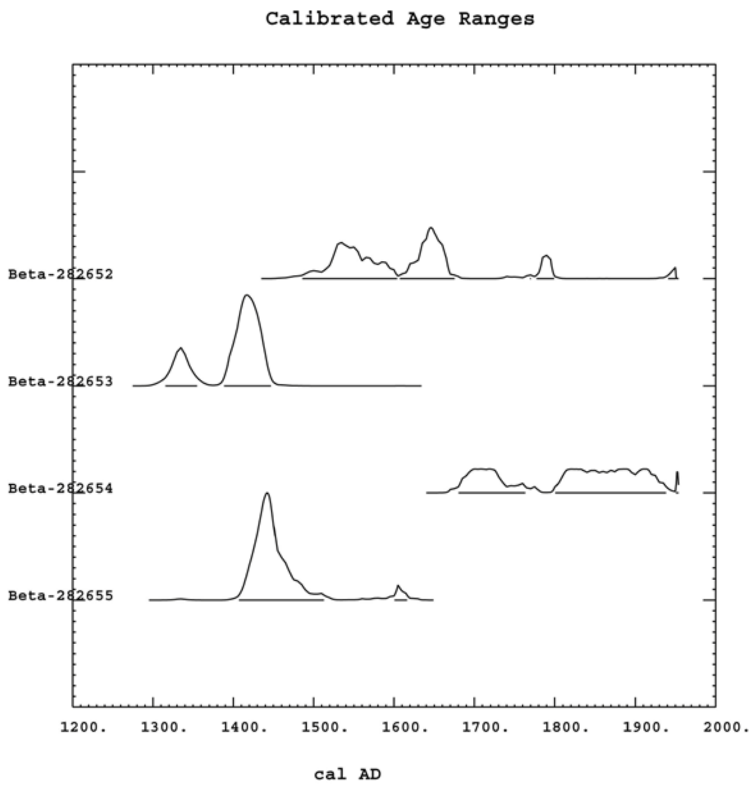


រូប ៧៖ ការប្រៀបធៀបស្រទាប់ដី និងបម្រែបម្រួលស្លាកស្នាមលោហៈក្នុងបំពង់C1។ បន្ទាត់ក្រហម បង្ហាញពីចំណុចកំពូលដ៏សំខាន់

គំរូវិភាគសំខាន់បួននៃម៉ាក្រូរុក្ខជាតិក្នុងបំពង់C1ត្រូវបានបញ្ជូនទៅវិភាគតាមវិធី Beta Analytic សម្រាប់កំណត់អាយុកាលតាមរយៈ Accelerator Mass Spectroscopy (AMS)។ លំដាប់នៃកាលបរិច្ឆេទដែលបានមក(*រូប ៨*) ខុសប្លែកគ្នាជាងការរំពឹងទុកយ៉ាងខ្លាំង (ជាង៥០០ឆ្នាំ) ដោយមានកម្លាតយ៉ាងខ្លាំង ជាពិសេសអាយុកាល១០០ឆ្នាំ ក្នុងផ្នែកកណ្ដាលនៃបំពង់។ ដោយចង់ដឹងពីអាយុកាល ដែលចាស់ជាងគេទាក់ទងទៅនឹងសម័យកាលជិតពីសតវត្ស បន្ទាប់ពីប្រាសាទត្រូវបានសាងសង់ឡើងក្នុងរាជធានី។ ការបកស្រាយរបស់យើងមានការភាន់ច្រឡំ ដោយសារអាយុកាលដែលបានមកពីហ្វូស៊ីលរុក្ខជាតិដ៏តូចត្រូវខូចព្រោះធ្យូងត្រូវបានគេយកមកប្រើឡើង

វិញ ឬដោយសារគំរូវិភាគទាំងនោះត្រូវបំផ្លាញក្នុងអំឡុងពេលរៀបចំពិសោធន៍។ បំពង់M1 មានបញ្ហាសម្រាប់វិភាគអាយុកាល ពីព្រោះយើងមិនអាចចាប់យកសេរីរាង្គដើម្បីវិភាគអាយុកាលកំណកដី។

គ្រាប់លំអងផ្កា ស្ព័រពណ្ណុគ្គជាតិ កំទេចធ្យូងតូចធំ និងសុទ្ធករបុរាណបរិស្ថានផ្សេងៗទៀត ត្រូវបានយកចេញពីចន្លោះខាងក្រោមបណ្តោយបំពង់C1។ លទ្ធផលនៃការវិភាគទាំងនោះនឹងបរិយាយអំពីគំរូនៃការកាប់ឆ្ការព្រៃ ក្នុងពេលកន្លងមក ដែលយើងគិតថា តម្រូវការអុសសម្រាប់ឧស្សាហកម្មមានតិច ឬច្រើន និងគំរូនៃបម្រែបម្រួលការប្រើប្រាស់ដីនៅជុំវិញ និងខាងក្នុងរាជធានីក្នុងពេលកន្លងមក។ សារៈសំខាន់យ៉ាងពិសេស បរិមាណនៃការសាងសង់ឡើងវិញរបស់ធ្យូងធ្លាក់ទៅក្នុងបារាយណ៍ក្នុងពេលកន្លងមក ដែលអាចត្រូវបានប្រើប្រាស់ជាគំរូមួយ នៃសកម្មភាពឧស្សាហកម្ម ហើយជាងនេះទៀត អាចឆ្លុះបញ្ចាំងថា នៅពេលណាសកម្មភាពឧស្សាហកម្មឡើងដល់ចំណុចកំពូល និងដួលរលំ។ ការងារក្នុងពេលបច្ចុប្បន្ន កំពុងដំណើរការណ៍ និងបញ្ចប់នៅឆ្នាំ២០១១។



រូប ៨: AMSបានក្រិតតាមខ្នាតកាលបរិច្ឆេទពីបំពង់C1។ ជម្រៅបំពង់គំរូ (ពីខាងលើទៅខាងក្រោម) ១០-១១សម ៣០-៣១សម ៨៥-៨៦សម និង ១៤០-១៤១សម។

កំណាយ

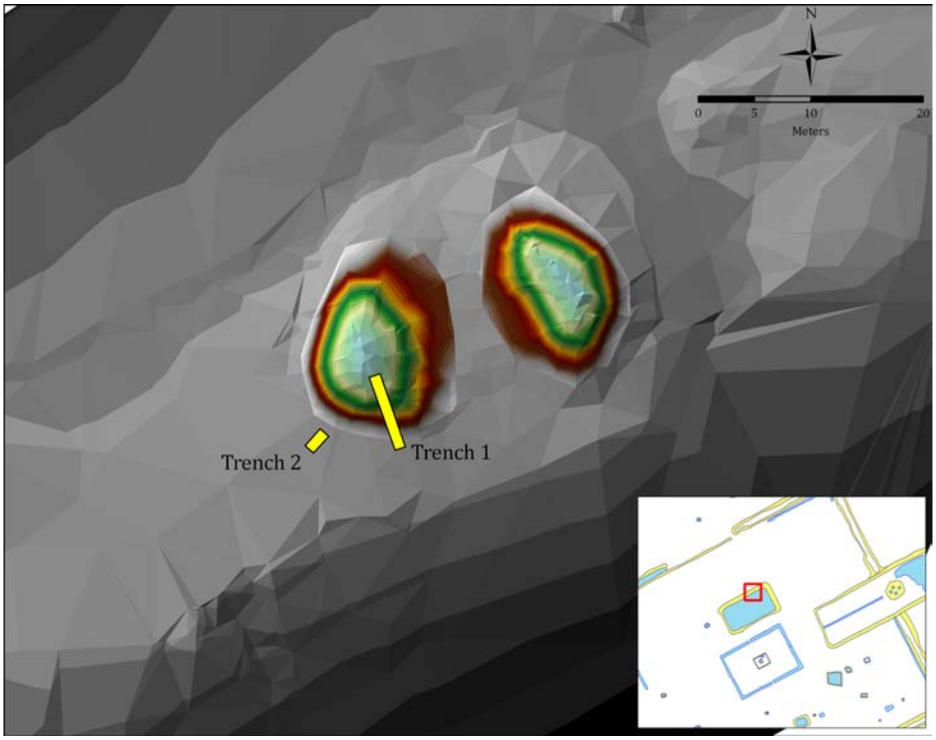
ការសិក្សាស្រាវជ្រាវរបស់គម្រោង "ឧស្សាហកម្មចក្រភពអង្គរ" (INDAP) បានអនុវត្តក្នុងខែមករា និងកុម្ភៈ ក្នុងឆ្នាំ២០០៩ រកឃើញបន្ទុំអាចម៍ដែកជាច្រើនកន្លែង តាមបណ្ដោយទំនប់ខាងជើងនៃ***បឹងក្រោម*** ដែលជាតដាក ធំមួយមានបណ្ដោយ៨០០ម ស្ថិតនៅជើងនៃបរិវេណប្រាសាទកណ្ដាល។ ទីតាំងបន្ទុំអាចម៍ដែកយ៉ាងធំ៧បី ទីតាំងលេខ ១, ២ និង ៣ ត្រូវបានកត់ត្រា សម្រាប់ធ្វើកំណាយនៅតាមទីតាំងរបស់វា (ខាងក្នុង ខាងក្រៅ និងនៅខាងលើខ្នង ទំនប់) ផ្ដល់នូវកាលប្បវត្តិប្រហាក់ប្រហែលជាមួយតដាក ឬបារាយណ៏ក្នុងសម័យអង្គរ។ ការធ្វើកំណាយបានធ្វើឡើង នៅទីតាំង១ ដើម្បីកត់ត្រារចនាសម្ព័ន្ធនៃបន្ទុំអាចម៍ដែក ប្រមូលសម្ភារសម្រាប់វិភាគបច្ចេកទេសផលិតលោហៈ និងយកគំរូសំណាកសម្រាប់ កំណត់អាយុកាលស្ថានីយ។ ការងារនេះបង្ហាញអំពីការធ្វើកំណាយដំបូងនៅ***ព្រះខ័ន*** និងជាកំណាយដំបូងក្នុងស្ថានីយ ប្រវត្តិសាស្ត្រផលិតលោហៈក្នុងសម័យអង្គរក្នុងខេត្តព្រះវិហារ។

ទីតាំង ១

ទីតាំង ១ (*រូប ៩*) មានបន្ទុំអាចម៍ដែកពីរ(គំនរ A និង គំនរ B) ស្ថិតនៅផ្នែកខាងកើតនៃទំនប់ខាងជើង។ គំនរ A មានទំហំប្រហែល១៥ម x ១៤ម និងកម្ពស់ប្រមាណ២មពីខាងលើខ្នងទំនប់។ យោងទៅតាមទីតាំងរបស់វា ស្ថិតនៅខាងលើខ្នងទំនប់ គំនរអាចម៍ដែកទាំងពីរមានអាយុកាលក្រោយសំណង់នៃត្រពាំងទឹកនេះ។ ខាងលើគំនរ អាចម៍ដែក A សម្បូរណ៏ទៅដោយបំពង់ខ្យល់និងអាចម៍ដែកយ៉ាងក្រាស់។ បរិមាណរបស់ទួលA យោងទៅតាម ការធ្វើតួតាល់ស្ដេសិន (total station) ប្រហែលជាមានគំនរអាចម៍ដែកជាង១៣០ម៣ និងកាកសំណល់ធ្វើពីដែក មួយចំនួនទៀត។ រណ្ដៅពីរ នៅលើទីតាំង ១ (*រូប ១០*) ត្រូវបានធ្វើកំណាយ ដើម្បីកំណត់រចនាសម្ព័ន្ធគំនរអាចម៍ដែក និងដើម្បីទទួលបានគំរូ សំណាកសម្រាប់ធ្វើកាលប្បវត្តិ និងវិភាគពីបច្ចេកទេស។ ក្នុងអំឡុងពេលកំណាយ យើងបាន ប្រមូលគំរូសំណាកទម្ងន់ ២០០គីឡូក្រាម ក្នុងជម្រៅខុស១គ្នា ដើម្បីសិក្សាមើលពីបរែមប្រួលសមាមាត្រនៃការ ផលិតសម្ភារលោហៈខាងក្នុងបន្ទុំអាចម៍ដែក។ គំរូសំណាកនីមួយ១ត្រូវបានថ្លឹង និងដាក់ទៅតាមថ្នាក់ដូចតទៅ□ អាចម៍ ដែក (អាចម៍ដែកចង្ក្រាន និងអាចម៍ដែកហូរ)បំពង់ខ្យល់ និងកុលាលភាជន៏ផ្សេង១ រួមមានជញ្ជាំងចង្ក្រានស្លដែក រ៉ែដែក និងដី។

រូប ១០: ផែនទីតូប៉ូនៃទីតាំង ១ បឹងក្រោម ការបង្ហាញអំពីការធ្វើកំណាយ

រូប ៩: បង្ហាញគំនរអាចម៍ដែក A ឆ្ពោះទៅទិសខាងកើត



រូប ១០: ផែនទីតូប៉ូនៃទីតាំង ១ បឹងក្រោម ការបង្ហាញអំពីការធ្វើកំណាយ

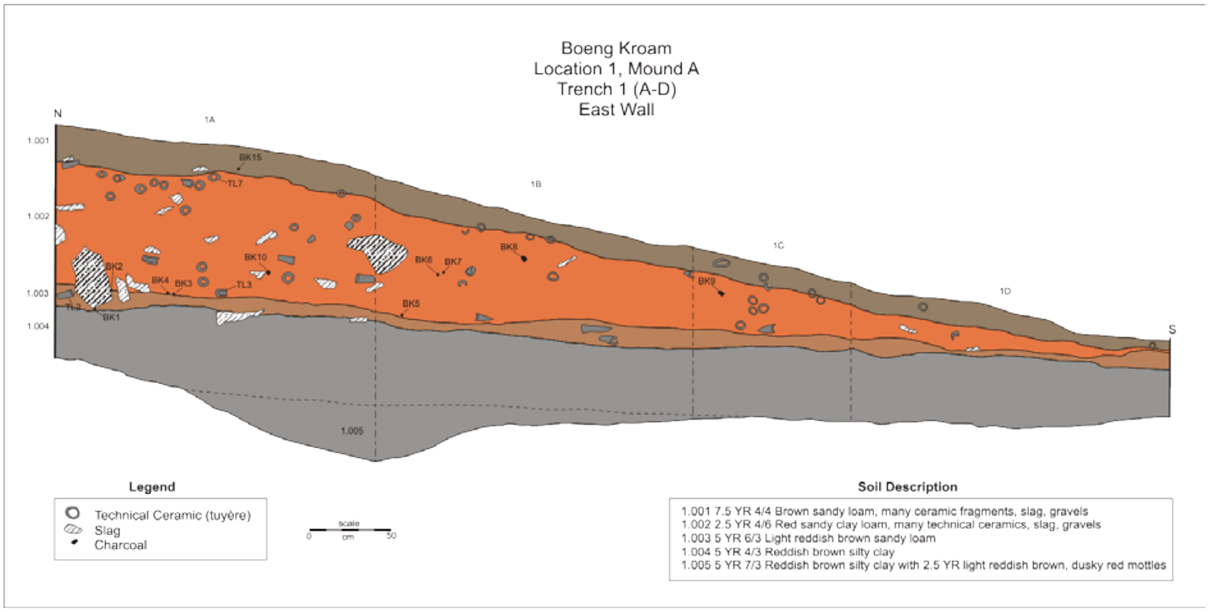
រណ្ដៅ ១

រណ្ដៅ A១ x ៧ម ត្រូវបានជីកនៅពាក់កណ្ដាលគំនរផ្នែកខាងត្បូង(*រូប ១១*) ដើម្បីផ្ដល់នូវកំណត់ត្រាពីជម្រៅនៃការចាក់បង្គរ ចំនួននៃដំណាក់កាលរំលាយលោហៈ និងអត្រានៃការផលិតសម្ភារលោហៈ(អាចម៍ដែក កុលាលភាជន៍ បច្ចេកទេស)។ រណ្ដៅត្រូវបានបែងចែកជា៤ផ្នែក (A-B-C-D) និងបានធ្វើកំណាយ១០ស.មម្ដង និងបន្ទាប់មកជីកក្នុងជម្រៅ២០ស.ម។ គំរូសំណាកសម្រាប់វិភាគកាលបរិច្ឆេទត្រូវបានប្រមូលតែពីរណ្ដៅ១A (១០០២–១០-២០សម ១០០៤–៥០-៦០សម ១០០៦ –៨០-៩០សម) និង ១D (១០០២–១០-២០សម)។

នៅចំណុចដែលខ្ពស់ជាងគេនៃគំនរA មានផ្ទុកសម្ភារនៃការផលិតលោហៈ ប្រមាណ១១០សម នៅលើខ្នងទំនប់***បឹងក្រោម*** (*រូប ១២-១៣*)។ ទីតាំងមានលោហៈ កើតឡើងដោយផ្នែកផ្សេងៗគ្នាបី ស្រទាប់ផ្ដេកខាងលើ (១.០០១) ស្រទាប់ក្រាស់នៃសម្ភារលោហៈ(១.០០២) និងស្រទាប់ឆេះខាងក្រោម(១.០០៣)។ ខ្នងទំនប់កើតឡើងដោយការបង្ហាប់ដីឥដ្ឋយ៉ាងក្រាស់ដោយគ្មានសម្ភារវប្បធម៌។ គ្មានភស្ដុតាងជាប់នឹងដីជារចនាសម្ព័ន្ធឡស្លដែក ត្រូវបានរកឃើញក្នុងស្រទាប់ទាំងនេះឡើយ។ យើងគឺមិនច្បាស់លាស់ថាស្រទាប់ចំហេះជាសំណល់ពីការរុះរើសំណង់ និងបោះចង្រ្កានស្លដែកចោលក្រោយពីស្លដែករួច។ សមាមាត្រនៃការផលិតសម្ភារ បានកត់ត្រាក្នុងគំរូសំណាក២០០ គីឡូក្រាម(*រូប ១៤-១៦ សូមមើលតារាង ១*)បង្ហាញការប្រែប្រួលបន្តិចបន្តួចនៅគំនរអាចម៍ដែកនេះ។

សរុបមកសមាសភាព និងសមាមាត្រនៃគំនរA ត្រូវគ្នាជាមួយបរិបទប្រវត្តិសម័យផលិតលោហៈ ឧទាហរណ៍ បន្ទុំអាចម៍ដែក។ ពតិមានទាំងនេះនឹងត្រូវបញ្ចូលគ្នាជាមួយការវិភាគបច្ចេកវិទ្យាក្នុងពេលអនាគត និងការប៉ាន់ប្រមាណពីផលិតកម្មទាំងអស់នៅ***ព្រះខ័ន***។ ដោយសារមានកង្វះខាតពីព័ត៌មាននៃរចនាសម្ព័ន្ធឡ និងទំនាក់ទំនងសមាមាត្រនៃសម្ភារ បង្ហាញថា គំនរអាចម៍ដែក A គឺជាទីតាំងចាក់សំណល់អាចម៍ដែក និងមិនមែនជាស្ថានីយស្លដែកទេ។ ទីតាំងសម្រាប់ស្លដែកប្រហែលស្ថិតនៅចន្លោះគំនរ A និងគំនរ B ហើយករធ្វើកំណាយបន្ថែមទៀត មិនត្រូវអាចធ្វើបានទេក្នុងអំឡុងរដូវកាលចុះការដ្ឋាននេះ។

រូប ១១: រណ្ដៅ ១ បង្ហាញទៅខាងជើង



រូប ១២: រណ្ដៅ ១ ផ្នែកជញ្ជាំងខាងកើតនៃទួល A

រូប ១៣: រណ្តៅ ១ A ផ្នែកជញ្ជាំងខាងជើងនៃទួល A

រូប ១៤: ឧទាហរណ៍ នៃបន្ទុំអាចម៍ដែកពីរណ្តៅ១A -១០០២

រូប ១៥: ឧទាហរណ៍ នៃកុលាលភាជន៍បច្ចេកទេស(ជញ្ជាំងចង្ក្រាន)ពីរណ្តៅ១A -១០០២

រូប ១៦: ឧទាហរណ៍ នៃរ៉ែដែកយកពីរណ្តៅ១A -១០០២

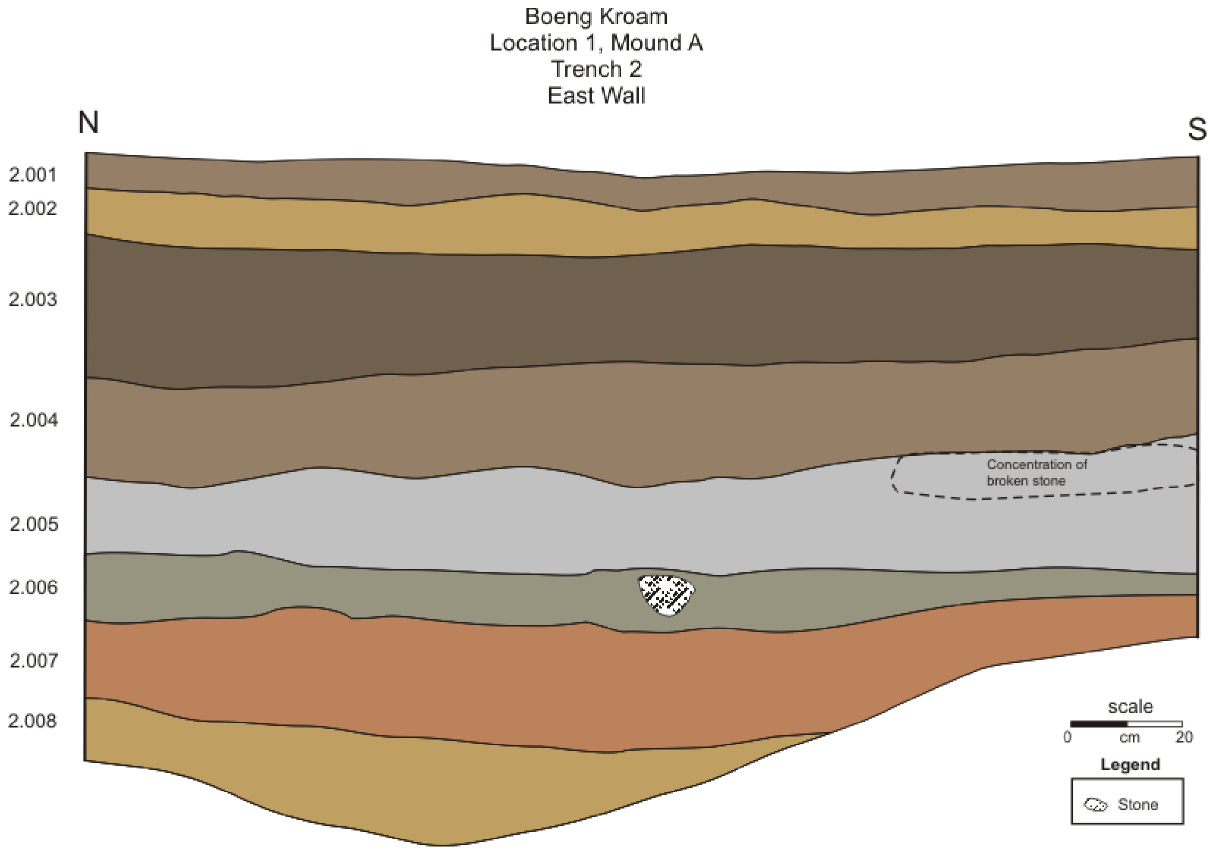
Material	1A 1002	*Ratio*	1A 1004	Ratio	1A 1006	*Ratio*	1D 1002	*Ratio*
Slag	72	*36%*	65	33%	64	*32%*	63.5	*32%*
Tuyéres	17	*9%*	20.5	10%	15.5	*8%*	14	*7%*
Other ceramic	6.5	*3%*	6	3%	3	*2%*	7.5	*4%*
Mineral	8	*4%*	4	2%	2.5	*1%*	4.5	*2%*
Matrix	96.5	*48%*	104.5	52%	115	*58%*	110.5	*55%*

តារាង ១: សមាមាត្រនៃការផលិតសម្ភារលោហៈខុសៗគ្នា ក្នុងគំរូសំណាក២០០គីឡូក្រាម ដែលយកមកពីរណ្ដៅ១A និង ១D

រណ្ដៅ២

រណ្ដៅ A1 x 2ម បានជីកនៅលើគំនរអាចម៍ដែក A នៅទិសនិរតី ដើម្បីរកអោយឃើញថា តើបន្ទុំអាចម៍ដែកបន្តទៅក្នុងខ្នងទំនប់ឬអត់។ រណ្ដៅ១ខុសពីរណ្ដៅ២។ រណ្ដៅទី១មានដីត្រសុះ ចំណែករណ្ដៅទី២សម្បូរណ៏ដោយដីឥដ្ឋហាប់(*រូប ១៧*)។ កាកសំណល់ដែលបន្សល់ពីការស្លដែក (ធ្យូង អាចម៍ដែក កុលាលភាជន៍បច្ចេកទេស) គឺលេចឡើងក្នុងផ្នែកខាងលើ ២០សម (២.០០១ និង ២.០០២) ជាពិសេសចុងខាងកើតរណ្ដៅ។ ខាងក្រោមស្រទាប់វប្បធម៌នេះដីគឺលាយឡំជាមួយបំណែកថ្មភក់ (២.០០៣ និង ២.០០៤) និង បន្ទុំយ៉ាងក្រាស់នៃសម្ភារនេះត្រូវបានរកឃើញក្នុងជ្រុងទិសនិរតីនៃ២.០០៤។ ស្រទាប់ដីក្រោមបំផុតមានសភាពហាប់ណែន ក្រាស់ និងដីឥដ្ឋស្ងួតរឹង។

កាកសំណល់ដែលបន្សល់ពីការស្លដែកមានតិចតួច ហើយច្រើននៅជិតគំនរAបង្ហាញអំពីការចាក់បង្គរពីគំនរA។ ការបកស្រាយលំអិតពីស្រទាប់ដីក្រោមនៃរណ្ដៅ២ មានភាពស្មុគស្មាញ ដោយសារសំណង់នៃខ្នងទំនប់ដែលអាចកើតឡើងពីដីយកពីបាតទំបន់បច្ចុប្បន្នរបស់***បឹងក្រោម***។ បច្ចេកទេសសំណង់នេះបង្ហាញអំពីវត្ថុមានដីឥដ្ឋក្រាស់ទំនងជាស្រទាប់ក្រោមបំផុតនៃបឹងក្រោម ដែលត្រូវបានរកឃើញនៅខាងលើខ្នងទំនប់។ បំណែកថ្មភក់អាចជាសំណល់សកម្មភាពរបស់មនុស្ស ប៉ុន្តែវាក៏អាចជាវត្ថុកើតឡើងដោយធម្មជាតិដែរ។



Soil Description

2.001 7.5 YR 2.5/2 Light olive brown sandy clay loam topsoil, few med gravels/laterite pisoliths, small ceramics and charcoal fragments
2.002 7.5 YR 3/2 Pale brown sandy clay, many laterite, slag, ceramic pisoliths, medium charcoals, dramatic shrinking and cracking
2.003 2.5 YR 6/3 Brown silty clay
2.004 7.5 YR 4/4 Brown silty clay, many gravels, slag, laterite, some large clasts
2.005 7.5 YR 5/4 Light grey silty clay, many gravels, slag, technical ceramic, laterite
2.006 2.5 YR 5/2 Greyish brown sandy clay, many gravels
2.007 2.5 YR 4/4 Reddish brown silty clay, many gravels
2.008 5 YR 5/4 Yellowish brown silty clay, many gravels

រូប ១៧: រណ្តៅ ២ ផ្នែកជញ្ជាំងខាងកើត

កាលប្បវត្តិ

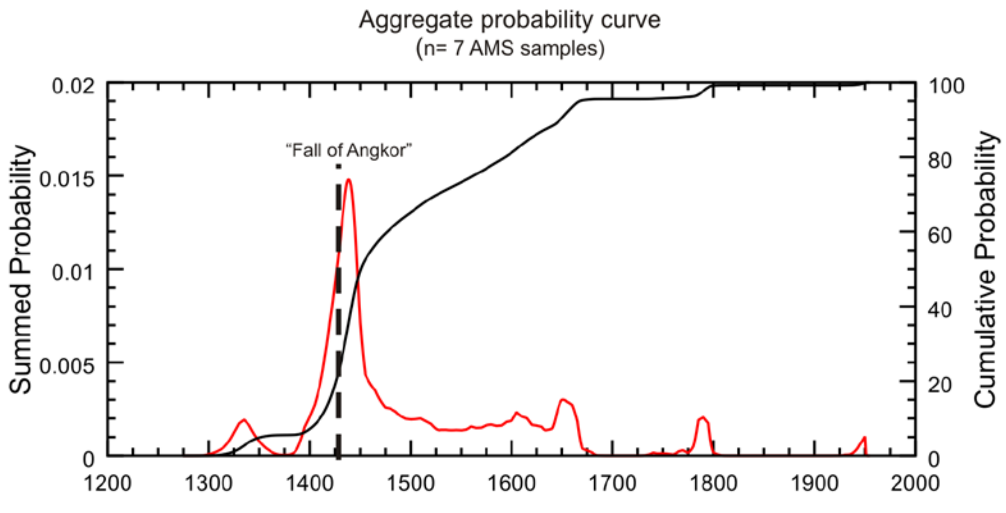
អាយុកាលនៃ***បឹងក្រោម*** គឺត្រូវបានកំណត់ទៅជាបឹងកសាងក្នុងសម័យអង្គរ (ប្រហែលចុងសតវត្សរ៍ទី ១០ ទៅសតវត្សទី ១២) យោងទៅតាមលក្ខណៈទ្រង់ទ្រាយ រចនាសម្ព័ន្ធ និង ទំនាក់ទំនងទៅនឹងប្រាសាទរបស់វា ដូចជា ***បឹងស្រែ*** និង ***កំពែងព័ទ្ធជុំវិញប្រាសាទកណ្តាល***។ ទួល A និងទួល B មានទីតាំងនៅលើទំនប់ បង្ហាញយ៉ាងច្បាស់ថា អាយុកាលរបស់វាគឺសង់នៅក្រោយសម័យកសាងបឹងក្រោម ។ ដូចដែលបានពិភាក្សាខាងលើ ទីតាំងវប្បធម៌នៃរណ្តៅ១ កង្វះស្រទាប់ដីសំខាន់ៗ និងត្រូវបានបកស្រាយថា មានរយៈពេលខ្លីនៃការផលិតលោហៈ ។ ដើម្បីកំណត់អាយុកាលរបស់ទួលAឱ្យបានពិតប្រាកដ គំរូសំណាកធ្យូងចំនួន៧ ដែលបានប្រមូលពី រណ្តៅ១ ត្រូវបានបញ្ជូនទៅ Australian Nuclear Science Technology Organisation សម្រាប់កំណត់អាយុកាល AMS ^{14}C dating (*តារាង ២*)។

ការប្រៀបធៀបដោយប្រហាក់ប្រហែល (*រូប ១៨*) នូវលទ្ធផលអាយុកាល បង្ហាញថា ការស្លដែកនៅ ទួល A ធ្វើឡើងក្នុងអំឡុងពាក់កណ្ដាលទី១នៃសតវត្សទី ១៥។

សរុបមក លទ្ធផលអាយុកាលជាបណ្ដោះអាសន្ន ដែលយកពីផ្នែកជញ្ជាំងបង្ហាញថា ផលិតកម្មដែកនៅទីនេះមានរយៈពេលខ្លី ឬធ្វើតែនៅរដូវណាមួយក្នុងមួយឆ្នាំ។ ការធ្វើអាយុកាលតាមរយៈ Thermoluminescence dating នៃបំពង់ខ្យល់ដែលនៅជាប់នឹងធ្យូងដែលបានធ្វើកាលបរិច្ឆេទរួច នឹងបញ្ជូនទៅវិភាគនៅសាកលវិទ្យាល័យវ៉ាស៊ីនតោន។

Lab ID	Sample ID		Conventional ^{14}C Age (BP)		Calibrated Age (cal AD) *								
		Depth (cm)	Value	1•	from	to	%	from	to	%	mean	sigma	median
OZM629	INDAP-BK15	14	470	31	1424	1446	68.2	1408	1460	95.4	1435	16	1435
OZM626	INDAP-BK12	19	335	31	1491	1634	68.3	1473	1641	95.4	1557	50	1561
OZM624	INDAP-BK8	24	381	34	1450	1618	68.2	1442	1633	95.4	1526	60	1506
OZM628	INDAP-BK14	78	454	35	1422	1455	68.2	1409	1607	95.4	1447	31	1442
OZM625	INDAP-BK11	80	247	32	1636	1952	68.3	1521	1955	95.4	1690	104	1658
OZM623	INDAP-BK1	114	459	33	1425	1450	68.2	1409	1477	95.4	1441	23	1439
OZM627	INDAP-BK13	116	542	35	1326	1427	68.2	1310	1439	95.4	1382	39	1400

តារាង ២: អាយុកាល AMS ^{14}C radiocarbon សម្រាប់រណ្ដៅ ១ នៃទួល A



រូប ១៨: ស្ថិតិសង្ខេប និងការប្រមូលផ្ដុំនៃ AMS ^{14}C dates សម្រាប់រណ្ដៅ១

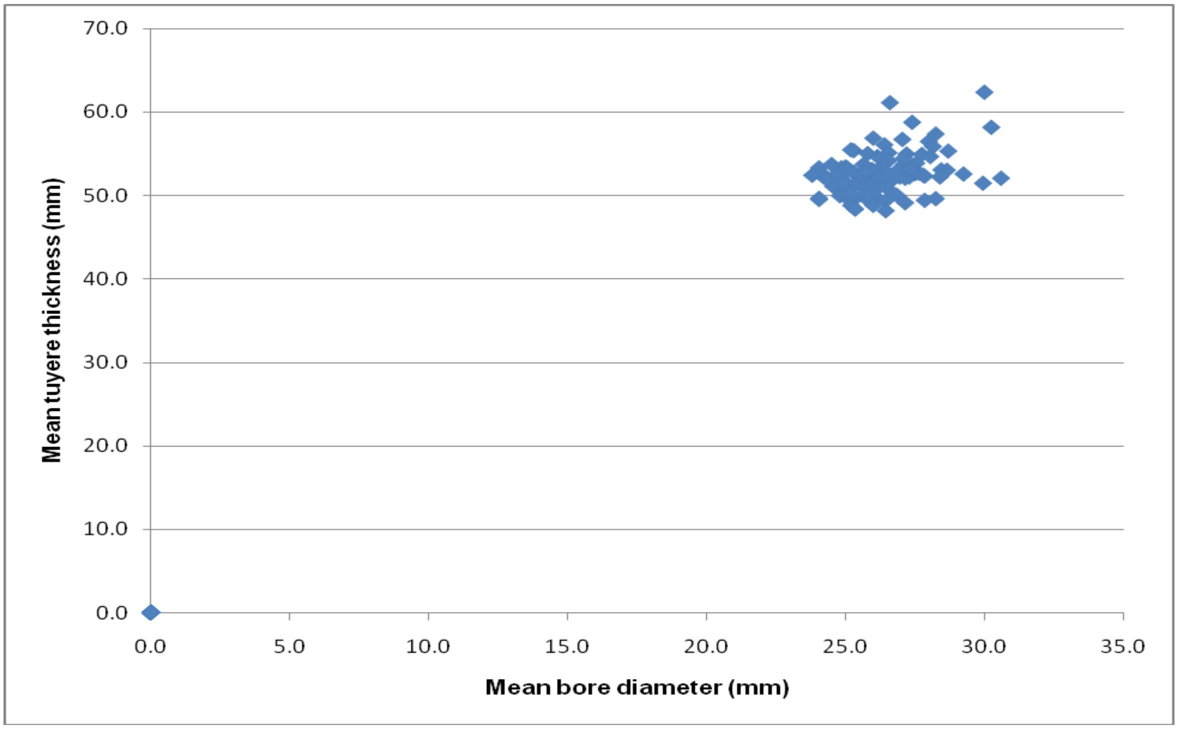
ការវិភាគវត្ថុសិល្បៈ៖ ការវាស់បំពង់ខ្យល់

បំពង់ខ្យល់នីមួយៗដែលជ្រើសរើសចេញពីគំរូសំណាក២០០គីឡូក្រាម (រូប១៩-២១)ត្រូវបានវាស់ ដើម្បីបង្កើតជាលំដាប់នៃការប្រែប្រួលខាងក្នុងបន្ទុំទួលA ។ ការប្រៀបធៀបទំហំមុខកាត់នៃបំពង់ខ្យល់ និងទំហំប្រហោង (*រូប ២២*) បង្ហាញពីភាពស្រដៀងគ្នារវាងបំពង់ខ្យល់យកពីកំណាយ។ យោងទៅតាមការបែងចែកកាលប្រវត្តិនៅខាង លើបំពង់ខ្យល់ក្រាស់ ហើយខ្លី អាចជាសញ្ញាបណ្តោះអាសន្ននៃបច្ចេកទេសស្លលោហៈ ប្រើប្រាស់ក្នុងសតវត្សទី១៥។ ការវិភាគពីបច្ចេកវិទ្យា និងការវិភាគពីប្រភពធនធានកំពុងធ្វើបញ្ចប់ ដោយវិភាគលើអាចម៍ដែក កុលាលភាជន៍បច្ចេកទេស(ជញ្ជាំងចង្ក្រានស្លដែក) រ៉ែដែក និងបំពង់ខ្យល់យកពីការដ្ឋានស្រាវជ្រាវ ។

រូប ១៩: បំពង់ខ្យល់ យកមកពីរណ្តៅ ១A-១០០២

រូប ២០: បំពង់ខ្យល់ យកមកពីរណ្ដៅ១A-១០០៣

រូប ២១: បំពង់ខ្យល់ យកមកពីរណ្ដៅ ១D-១០០២



រូប ២២: ការប្រៀបធៀបនៃមុខកាត់ប្រហោង និងកម្រាស់នៃបំពង់ខ្យល់ ដែលបានកត់ត្រាពីរណ្ដៅ១ ទួល A

ការពិភាក្សា

ក្នុងរដូវចុះការដ្ឋានក្នុងខែធ្នូ ឆ្នាំ២០០៩ បានផ្ដល់នូវព័ត៌មានថ្មីៗ ស្ដីពីរចនាសម្ព័ន្ធ និងប្រវត្តិសាស្ត្រនៃ ***ព្រះខ័ន*** និង មុខងាររបស់វាជាមជ្ឈមណ្ឌលឧស្សាហកម្ម។ ការប្រើប្រាស់ផែនទីលើអាកាស និងស្រាវជ្រាវលើដី គម្រោង ស្ដីពី "**ឧស្សាហកម្មចក្រភពអង្គរ**" (INDAP) បានរកឃើញរចនាសម្ព័ន្ធសំខាន់ៗខុសៗគ្នានៃរាជធានី ជាពិសេសវត្តមាន បំណែកបាក់បែកខាងក្នុងកំពែងទី៤ ប្រវែង២២គម។ ក្នុងខណៈដែលបញ្ហានេះក្លាយជាសំណួរ អំពីសមត្ថភាពការពារ កំពែងនេះ កង្វះនៃការតាំងទីលំនៅច្រើនក្នុងកំផែង ត្រូវគ្នាទៅនឹងគំនិត ដែលថាខ្មែរបានកំពុងបង្កើតទីតាំងមួយ ដែល អ្នកក្រៅមិនអាចចូលដល់។ យើងមានការជឿជាក់លើសម្មតិកម្មថា ព្រះខ័នបានកំពុងផលិតសម្ភារប្រើប្រាស់ដ៏សំខាន់ (អំពីដែក) ដែលជាតម្រូវការរបស់រាជធានីអង្គរ និងមណ្ឌលអាណាខេត្តរបស់វា។

ការស្រាវជ្រាវនៅបារាយណ៍ បានផ្ដល់ទិន្នន័យមូលដ្ឋាន នៅលើប្រវត្តិសាស្ត្ររបស់វា និងវត្តមាននៃទីតាំង បំពុលស្លានក្នុងកំណកដីចាក់បង្គរ។ ខ្មែរបានផ្លាស់ប្ដូរជលដ្ឋានដែលមានស្រាប់ពីមុន ដោយបង្កើតជាកស្សិណទឹក ឬ បារាយណ៍ដែលមានបណ្ដោយត្រង់។ ទោះបីជា អន្តរកាលនៃស្រទាប់ដីដ៏ចាស់ និងសំណៅភូគព្ភគីមី ដែលអាចមើល ឃើញក៏ដោយ ការបកស្រាយបន្ថែមទៀតត្រូវរំខានដោយបញ្ហានៃការវិភាគកាលបរិច្ឆេទធ្យូង។ យើងនឹងដាក់

គំរូសំណាកថ្មីសម្រាប់វិភាគ នឹងអាចធ្វើអោយមានទំនាក់ទំនងគ្នានៃចំណុចកំពូលទាំងនេះ ខណៈពេលដែលបញ្ចប់ការវិភាគជាតិពុល នឹងផ្តល់ឱ្យយើងនូវកំណត់ត្រាជាអតិភរណា នៃបរិមែបម្រួលបរិស្ថាន ដែលកើតឡើងដោយសកម្មភាពនៃការតាំងលំនៅដ្ឋាន និងការធ្វើឧស្សាហកម្ម។

ការធ្វើកំណាយនៅជុំវិញទីតាំង១ លើបឹងក្រោម គឺជាការធ្វើកំណាយទីមួយ ដែលបានបញ្ចប់នៅ***ព្រះខ័ន***។ ការធ្វើកំណាយនេះផ្តល់ព័ត៌មានអំពីធម្មជាតិនៃបន្ទុំអាចម៍ដែកនៅទួលA និង រចនាសម្ព័ន្ធនៃខ្នងទំនប់ផងដែរ។ យោងទៅតាមលទ្ធផលទាំងនោះ ទួលAមិនមែនជាស្ថានីយរំលាយលោហៈដំបូងទេ ប៉ុន្តែជាទីតាំងបោះចោលសំណល់បានមកពីឡស្លដែកនៅជិតនោះ។ ដោយរួមបញ្ចូលគ្នាជាមួយលទ្ធផលបានពីរណ្តៅ២ យើងអាចសន្និដ្ឋានថាទួលA មានកាលបរិច្ឆេទក្រោយសំណង់នៃទំនប់។ ទាំងស្រទាប់ដី និងអាយុកាលបង្ហាញពីការស្លដែកមានរយៈពេលខ្លីនៅស្ថានីយប្រវត្តិសាស្ត្រនេះ។ ការធ្វើវិភាគតាមរយៈការវ៉ាស់បំពង់ខ្យល់យកពីទួល A អាចយកមកប្រើប្រាស់បណ្តោះអាសន្នសិនទោះបីជាយ៉ាងណា យើងត្រូវការគំរូសំណាកជាច្រើនដែលយកពីស្ថានីយមានអាយុកាលច្បាស់ ដើម្បីយកមកធ្វើវិភាគ។ គួរអោយចាប់អារម្មណ៍ជាងនេះទៅទៀត លទ្ធផលនៃការធ្វើវិភាគអាយុកាលត្រូវគ្នានិងការស្លដែកក្នុងរាជធានីអស់ជាងមួយសតវត្ស បន្ទាប់ពីមានការសាងសង់ប្រាសាទចុងក្រោយបានបញ្ចប់។ ភស្តុងតាងនៃបន្ទុំអាចម៍ដែក ខាងក្នុងទំនប់ និងក្រោមប្រាសាទ***ព្រះខ័ន*** បង្ហាញថា ការស្លដែកកើតឡើងមុនសំណង់ប្រាសាទសម័យអង្គរធំៗជាច្រើន។ នៅដំណាក់កាលនេះ យើងអាចសម្មតថា ការស្លដែកនៅ***ព្រះខ័ន*** យ៉ាងហោចណាស់ចាប់ផ្តើមពីសតវត្សទី១១ ដល់ទី១៥ ហើយប្រវត្តិសាស្ត្រនៅតំបន់នេះទំនងជាមានការប្រែប្រួលបន្ថែម ប្រសិនការសិក្សាស្រាវជ្រាវនៅបន្ត។ នេះក៏បានបង្ហាញផងដែរថា ការស្លដែកនៅ***ព្រះខ័ន*** កើតឡើងក្នុងពេលជាមួយគ្នាការបោះបង់ចោលក្រុងអង្គរ ឆ្នាំ១៤៣១។

ឯកសារយោង

Aymonier, Etienne

1900 *Le Cambodge: I. Le royaume actuel*, Volume 1. Paris, Ernest Leroux, 477 p.

Coedès, George

1964 *Inscriptions du Cambodge (vol. 7)*. Paris, BEFEO.

Cunin, Olivier

2004 *De Ta Prohm au Bayon. Analyse comparative de l'histoire architecturale des principaux monuments du style du Bayon*, Architecture, L'Institut National Polytechnique de Lorraine, 482 p.

Delaporte, Louis

1999 [1880] *Voyage au Cambodge. L'architecture Khmer*. Paris, Maisonneuve et Larose, 462 p.

Evans, Damian

2007 *Putting Angkor on the Map: A New Survey of a Khmer 'Hydraulic City' in Historical and Theoretical Context*, Archaeology, University of Sydney, 245 p.

Groslier, Bernard P.

1973 Les Inscriptions du Bayon. In *Le Bayon*, EFEO, Paris.

Hendrickson, Mitchel

2007 *Arteries of Empire: An operational study of transport and communication in Angkorian Southeast Asia (9th to 15th centuries CE)*, Unpublished PhD, Department of Archaeology, University of Sydney.

Jacques, Claude

2007 The historical development of Khmer culture from the death of Suryavarman II to the 16th century. In *Bayon: New Perspectives*, J. Clark, ed, River Books, Bangkok, p. 28-49.

Jacques, Claude, and Philippe Lafond

2004 *L'Empire Khmer. Cités et sanctuaires Vth-XIIIth siècles*. Paris, Fayard, 400 p.

Kern, H.

1880 "Inscriptions cambodgiennes: Inscription de Prea-Khan (Kompong Soai)", *Annales de l'Extrême-Orient,* 2(23), p.333-341.

Living Angkor Road Project

2008 Living Angkor road project. Phase II Progressive Report, October 2007-March 2008. Bangkok: Chulachomklao Royal Military Academy and Silpakorn University.

Lunet de Lajonquière, Étienne

1902 *Inventaire Descriptif des Monuments du Cambodge*, III vols, Volume I. Paris, Ernest Leroux.

Mauger, Henri

1939 "Prah Khan de Kompon Svay", *BEFEO,* 39(2), p.197-220.

Penny, D., C. Pottier, R. Fletcher, M. Barbetti, D. Fink, and Q. Hua

2006 Vegetation and land-use at Angkor, Cambodia: a dated pollen sequence from the Bakong temple moat. *Antiquity* 80(309): 599-614.

Phann, Nady, and Narong Chrin

2007 Groupe de Preah Khan (Bakan) de Kampong Svay. *In* Carte archéologique du Cambodge. MCBA-EFEO, ed. Phnom Penh: Commission Nationale du Cambodge pour l'UNESCO.

Pottier, Christophe

1999 *Carte Archaeologique de la Region d'Angkor. Zone Sud*, Unpublished Ph.D, Sorbonne Nouvelle (UFR Orient et Monde Arabe), UFR Orient et Monde Arabe, Universite Paris III - Sorbonne Nouvelle, 3 Vols.

Sharrock, Peter

2009 "Garuda, Vajrapani and Religious Change in Jayavarman VII's Angkor", *Journal of Southeast Asian Studies,* 40(1), p.111-151.

Stern, Philippe

1965 *Les Monuments Khmer du Style du Bàyon et Jayavarman VII*, Volume 11. Paris, Presses Universitaires de France, p.

Tissandier, M. Albert

1896 *Cambodge et Java. Ruines Khmères et Javanaises 1893-1894. Texte et dessins*. Paris, G. Masson, 160 p.

Industries of Angkor Project:

Preah Khan of Kompong Svay (Bakan)

December 2009 Field Campaign Report

Mitch HENDRICKSON

Dan PENNY

T. Oliver PRYCE

PHON Kaseka (translation)

SO Malay (translation)

Background and Objectives

At its peak between the 11th to 13th centuries, the Khmer Empire stretched across most of mainland Southeast Asia. Along its great roadways this empire established large provincial administrative centres that may have played a critical role in ensuring access to resources and products to supply the capital, Angkor, and the expansionism of its kings. A direct implication is that the growth and decline of Angkor is traceable through an evaluation of these regional centres, which may have acted as specialised production centres. More broadly, investigating the development and effect of industrial activities in medieval Southeast Asia will set precedents for the study of states and empires globally.

Preah Khan of Kompong Svay (Preah Khan), also known as Bakan, is located in Preah Vihear province and remains one of the most enigmatic provincial centres of the Angkorian Khmer (Figure 1). Boasting the largest rectilinear enclosure complex in mainland Southeast Asia (23 km^2), Preah Khan is the only known Khmer city to contain evidence of intensive industrial activities, specifically the smelting of iron ore. While Preah Khan is remote from the fertile alluvial rice soils, fish, and water resources that are so deeply interrelated with Khmer settlements elsewhere in the Empire, its geographic position also supports its role as an industrial trade outpost. The city is located close to the largest iron ore source in Cambodia, the Phnom Dek, and at the junction of two major communication routes, the formalised road system fitted with multiple masonry resthouse temples and bridges and the Staung River. These routes provide direct access not only to Angkor but to numerous Khmer centres connected to the Tonle Sap and Mekong via the navigable water systems. Difficult access to Preah Khan has contributed to the small amount of archaeological research at this important city and today its history has been based solely on stylistic dating of temple architecture and limited inscription evidence. Together these sources indicate substantial Angkorian activity between the 11th to 13th centuries, however given its size and potential economic importance it is extremely likely that occupation long pre- and post-dates this period.

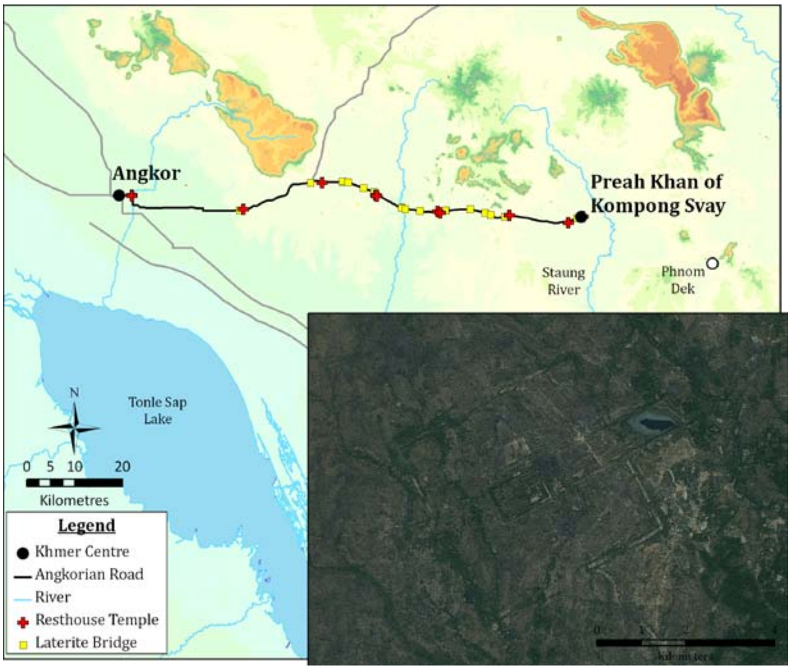


Figure 1. Map showing position of Preah Khan of Kompong Svay and its relationship to Angkor along the East road. Inset – SPOT image of city (GoogleEarth)

INDAP represents the first systematic and rigorous investigation of the stages of procurement, production and distribution of industrial products (iron, temples, settlement) and the environmental impact of these activities at regional Khmer centre. Investigating the stages of industrial activities will provide a new picture of how these centres functioned – from an economic and political point of view - within the broader framework of an empire that incorporated most of mainland Southeast Asia. Combining results from the analysis of three different industries simultaneously enables broader ranges of interpretation that will be used to address the following issues: 1) identify the nature and extent of production of industrial materials and the human settlement that would have supported these activities within the site; 2) discover when the city was founded and if it was, from its foundation, an industrial settlement; 3) determine if the location of the city and its industrial capacity were linked directly to the demand for the industrial material resources at Angkor; and, 4) reveal precisely when Preah Khan and its industries collapsed. More directly, this investigation will assess whether Preah Khan resembled other Angkorian urban centres or was a unique, specialised industrial outpost of the empire. Ultimately, this research will provide new information on the coalescence, operation and eventual demise of one of the World's great empires.

Research at Preah Khan

Past studies of Preah Khan concentrated on three themes: documenting architectural features, establishing temple chronology through architectural and inscription-based information, and debating the function of the city. The 1866 Mekong Exploration Commission (see Delaporte 1999 [1880]; Tissandier 1896:75-80) provided the first record of its temples and large water reservoirs hidden within the forests west of the Staung River. Aymonier (1900) and Lunet de Lajonquière (1902), who both completed extensive temple inventories across the French Protectorate, added further details of its masonry architecture but also noted several characteristics that distinguished Preah Khan from other Angkorian centres: the scale of construction, specifically a 5 km^2 (*sic*) enclosure surrounding the city; and that the temples are aligned NE-SW, not the typical E-W associated with architecture built around Angkor (Aymonier 1900:430; Lunet de Lajonquière 1902:242). Mauger (1939) then published detailed descriptions of all architectural features and with the help of Terrasson and Goloubew's aerial reconnaissance over the city produced the first complete map of the city (Figure 2). This view of Preah Khan is still utilized as the basemap for recent publications of the city (see Jacques and Lafond 2004:264; Phann and Chrin 2007). A comprehensive map including the temples with hydraulic infrastructure and settlement like those published at Angkor (Pottier 1999; Evans 2007) and Koh Ker (Evans 2009) is currently being completed.

Like most Angkorian centres, the chronology of Preah Khan has been solely derived from a combination of inscriptions and architectural styles. While three 'datable' inscriptions have been identified – K. 970 (9th c. CE [Cœdès 1964]), K. 161 (~1010 CE [Kern 1880]), K. 888 (early 14th c. CE [Mauger 1939:212]) – only K. 161 from the Monument of the Inscription or Prasat Kat Kdei provides any significant historical details. The beautifully carved Sanskrit inscription is both a devotional text to Shiva and the Buddha and a historic document describing the rise to power of Suryavarman I (1002-1050 CE) (T.S. Maxwell, pers. comm., July 2010). Based on this date, Mauger posited that Prasat Kat Kdei was the first temple built at Preah Khan (1939:217-218). The bulk of temple construction at Preah Khan, however, is associated with either the first half of the 12th (Angkor Wat style) and late 12th to early 13th c. (Bayon style) (Stern 1965:87-99; Cunin 2004). No radiometric dates have been obtained from any contexts and detailed investigation of ceramic assemblages has yet to be completed.

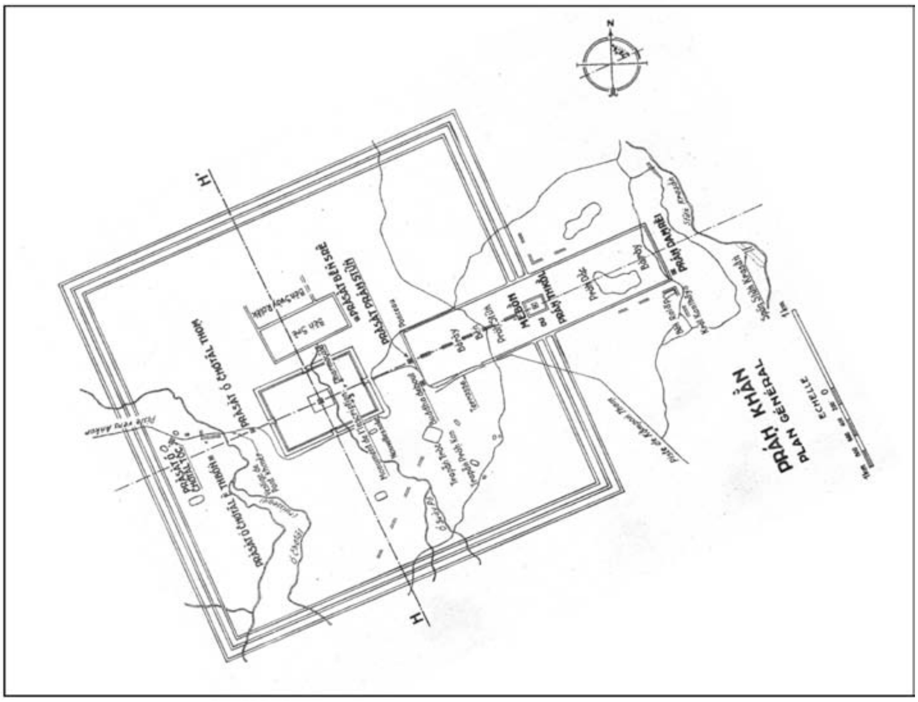


Figure 2. Mauger's (1939) original plan of Preah Khan of Kompong Svay

Functional interpretations of Preah Khan have focussed on the type of Buddhism depicted in the temple iconography, its use as a base for future kings of Angkor, and geographic explanations for its isolated position. The prevalence of Buddhist imagery has led scholars to argue for the practice of particular aspects of Tantric Buddhism (Sharrock 2009) and potentially the presence of a Crighana 'cult' (Jacques and Lafond 2004:289). These religious interpretations are intertwined with the architectural styles and the kings with whom their reigns are associated, such as Angkor Wat-Suryavarman II and Bayon-Jayavarman VII. The latter king has been variously connected to Preah Khan as his potential birthplace (see Jacques and Lafond 2004:289), early home or refuge prior to his transition to Angkor (Groslier 1973:64). It is unlikely that we will find archaeological data to verify the accuracy of these hypotheses.

More intriguing, and ultimately testable, lines of investigation are geographic explanations for Preah Khan's relatively isolated position in north central Cambodia. Groslier (1973:117) argued generally that main Khmer centres are always located on favorable river courses. The position of Preah Khan obviously took advantage of the Staung River, either for hydraulic purposes inside the city or as a transportation route. Groslier also suggested that Preah Khan was an eastern outpost for Angkor established during the course of Khmer wars with the Cham during the 12th century (Ibid.:257). While there are no large Khmer centres to the east of Preah Khan this argument seems extremely doubtful. The heart of Cham territories around Vijaya is over 500 km away and there is no evidence of a formalized road east of Preah Khan through the densely forested and rugged region leading to the Annamite mountain chain. A more local geographic explanation is the proximity of Preah Khan to the rich iron ore sources around Phnom Dek. After Aymonier's (1900:430-431) discovery of slag outside the 3rd enclosure at Preah Khan there was very little interest in documenting the extent of iron production. Over the past decade, recent publications have shown an increased interest in the distribution of metal production sites at Preah Khan (see Jacques and Lafond 2004:259-261;

Living Angkor Road Project 2008[II]:232). In fact, Jacques claimed 'beyond doubt' that Preah Khan served as the heart of an industrial city for the Khmer (2007:32). A comprehensive investigation of the scale and extent of this industry inside the city is now required.

Research Design

Investigation of Preah Khan must integrate temples, infrastructure and history with broader considerations of resource exploitation and environmental impact of iron production. By identifying proxies of settlement and industrial change and documenting evidence of iron production it will be possible to understand the industrial and settlement history. Increased production will dramatically affect the landscape, through deforestation to meet fuel requirements, for example, or through industrial pollutants. Permanent water bodies, such as the 3 km long *Baray*, are extremely important indicator of environmental and cultural change. First, it was part of the local infrastructure that likely supported a large work force and facilitated regional political control in a seasonally arid landscape. Second, the *Baray* preserves natural archives of environmental information – such as evidence of ancient vegetation cover and pollutants – which will enable us to document the environmental history of Preah Khan and, by extension bracket the activities of settlement and industry. Analysis of the environmental history from reservoirs at Angkor (see Penny et al. 2006) has effectively challenged long-held epigraphic and architecturally-based chronologies for the construction and abandonment of temples. The environmental data must then be integrated with evidence of actual iron production – documenting the size, history and distribution of industrial practices at the site.

The December 2009 field season had three main objectives: 1) understand the nature and extent of Angkorian infrastructure within the city and surrounding region; 2) establish a dated record of industrial pollution and settlement activity and based on sediment cores from two permanently wet locations around Preah Khan; and 3) obtain technological and chronological information of individual iron production sites. This research will provide the first insight into the workings of a Khmer industrial centre and its role in expansion and collapse of Angkorian period hegemony across mainland Southeast Asia.

Methodology

The proposed research goals were achieved through a combination of field techniques conducted during the December 2009 campaign and subsequent laboratory analyses (remote sensing, trace metal and pollen analysis). The three main activities included mapping and surveying, wet-sediment coring, and excavation. The field crew included the following personnel: Mitch Hendrickson (USyd), Dan Penny (USyd), Phon Kaseka (Royal Academy of Cambodia), Chan Sovichetra (Ministry of Culture and Fine Arts), T. Oliver Pryce (Oxford University), David Brotherson (USyd), Sou Sy (National Preah Vihear Authority), Leng Vitou, Khat Srim, and Tiev Vichet (Royal University of Fine Arts).

Mapping and Surveying

Re-mapping the spatial distribution of infrastructure (reservoirs, embankments, temples) within Preah Khan and its surrounding region began in January 2009. Following the methodologies used at Angkor by Pottier (1999) and Evans (Evans 2007), features (moats, temples, embankments) were mapped within ArcGIS from a combination of remote sensing sources including ASTER, GoogleEarth, OrbView3 and 1992 Finnmap 1:25000 Black/White aerial photographs. The initial plan of Preah Khan (Figure 3) raises two important

characteristics. First, in contrast with Mauger's map the structure of the 4th enclosure wall is not a uniform double-moat. Ground survey identified at least one deliberate break constructed on the southern wall. This opening, near Boeng Damrei Slab, may have served either as a part of city water infrastructure or as a gateway. The lack of canal structure inside or outside the walls, however, diminishes the likelihood that it acted to let water out of the city. While there is no masonry structure like those found on either side of Angkor Thom is visible on either side of the gap, it appears more likely that it facilitated access into the 4th enclosure area. The second characteristic is the low density of occupation infrastructure outside of Preah Khan, particularly east of the Staung River. This pattern is in sharp contrast to the dense settlement present around Angkor and other Khmer centres. It is hypothesized that the lack of community around Preah Khan is related to land suitability for rice-farming and/or this region represents a territorial limit for Angkorian Khmer settlement. Regardless, the implication is that Preah Khan was strategically positioned to provide access to this region and its resource potential.

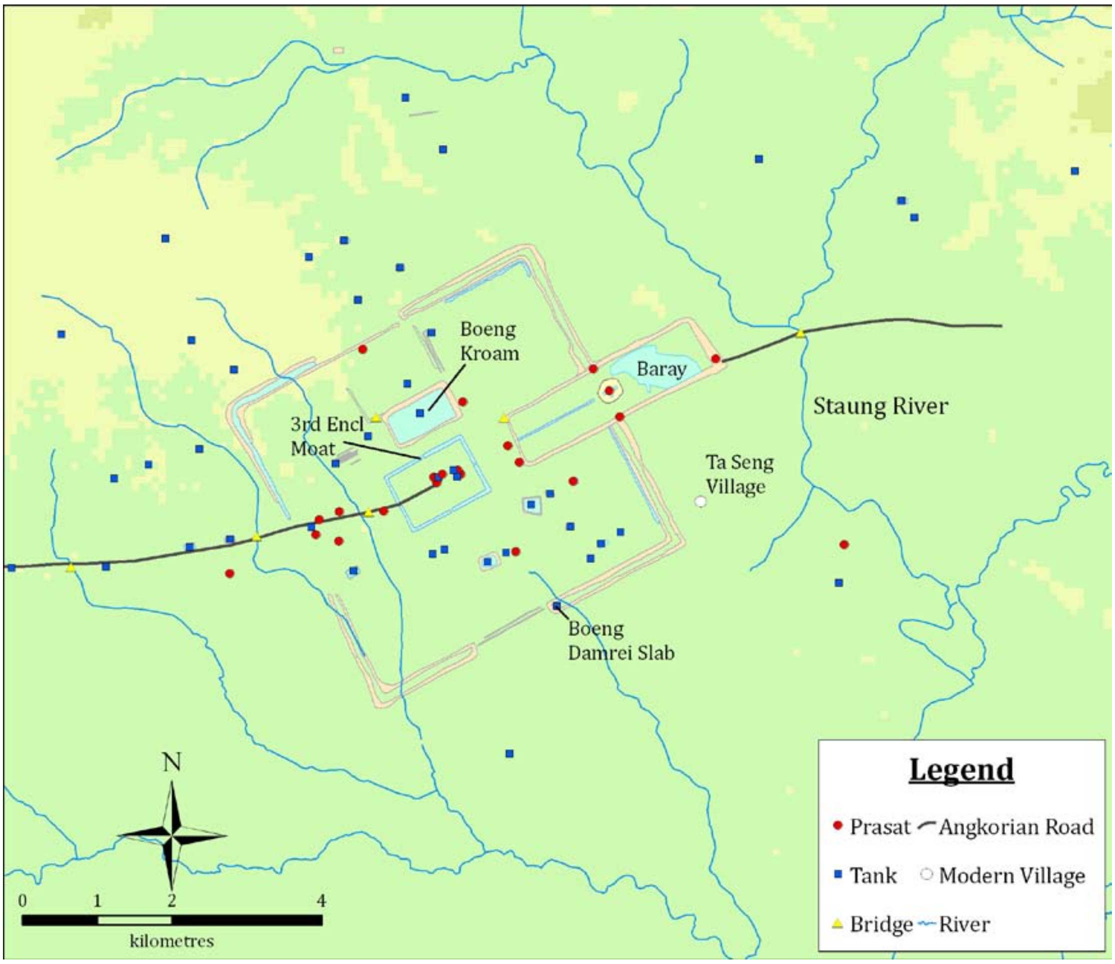


Figure 3. Plan of Preah Khan showing distribution of prasats and trapeang within and outside the city enclosure walls

Coring: Baray and Moat

Investigating Preah Khan's industrial and settlement history involved collection of wet sediment samples from the Baray and northern moat of the 3rd enclosure. Permanently wet areas trap airborne pollutants (e.g., metals) and plant remains (pollen) over time that act as proxies for industrial production and environmental change caused by human activities.

Studies of artificial reservoirs in the Angkor region have dramatically altered the historically-derived perception of the site (see Penny et al. 2006). Emphasis was therefore placed on collecting data from the Baray. The bathymetry of the Baray (Figure 4) was established by recording depths from a platform constructed from two local fishing boats integrated with a total station survey completed at the southeast corner of the reservoir. By comparison with other reservoirs in the Angkor region the Preah Khan Baray is extremely deep, up to 5.8 m. The steep sides and irregular shape of the depression suggest that the Khmer formalised the rectangular Baray walls around a pre-existing body of water, possibly an oxbow or scoured palaeochannel of the Staung River. Using the bathymetry as a guide, a series of wet sediment cores were then extracted in an *a priori* grid pattern (Figure 4) via a percussion corer from the platform. A total of 10 cores ranging from 60 cm to 168 cm in length were collected. The second coring location was the moat of the 3rd enclosure. Given the proximity of the moat to the numerous iron production sites on the north bank of Boeng Kroam this is an ideal location for tracing changes in atmospheric pollution from wet sediment cores. Two short cores were collected to the west of the causeway (Figure 5).

Field investigation of the cores included soil description and magnetic susceptibility readings using a Bartington MS2C meter. Magnetic susceptibility measures the ability of sediment to become magnetised by an external magnetic field; any fluctuations in susceptibility relate to changes in sediment and may indicate cultural activity such as burning or construction phases. A recurring double-peak in several cores (Figure 6) indicates a shared event within the history of the Baray, however further analysis is required to determine the nature of these changes.

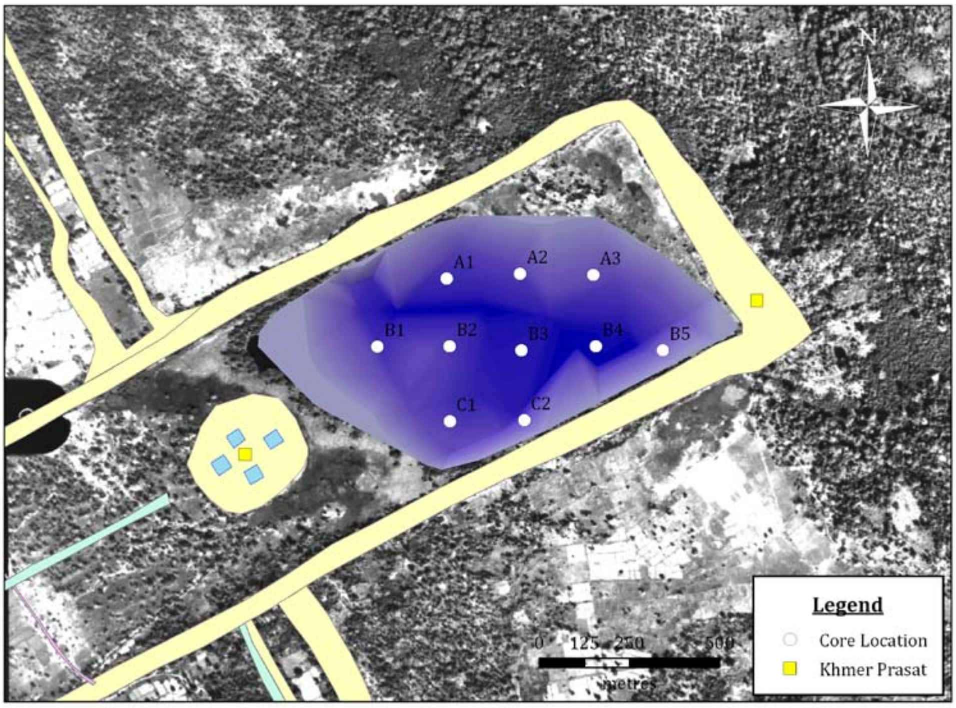


Figure 4. Bathymetry of Baray and wet sediment core locations

Figure 5. Coring in the 3rd Enclosure moat, north of north the causeway

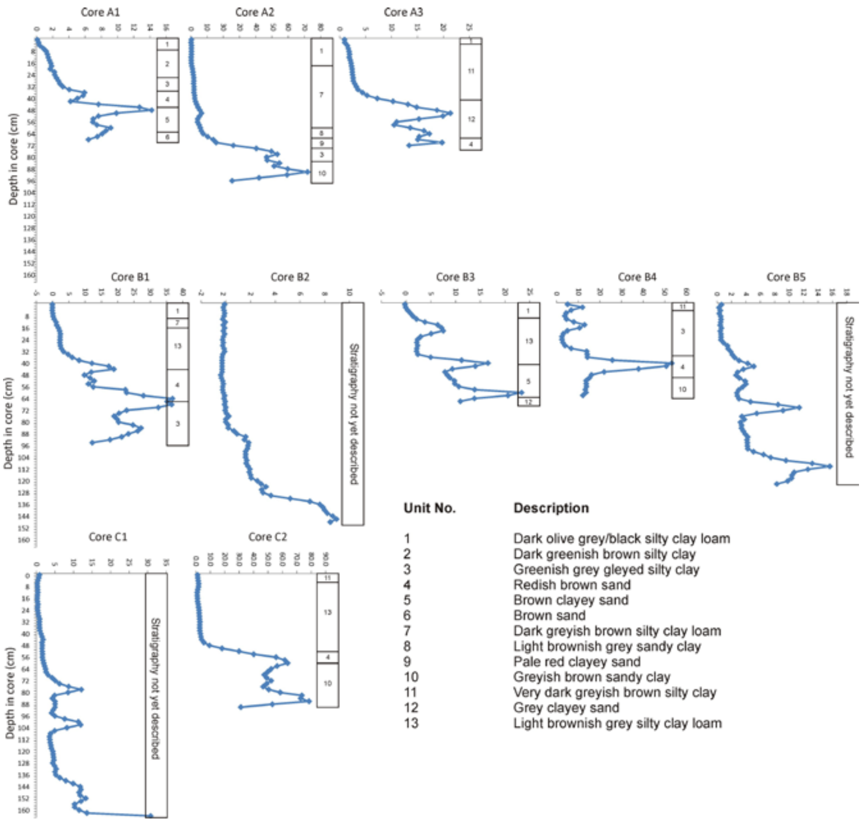


Figure 6. Comparison of magnetic susceptibility readings for Baray cores.

Three cores (C1, B2, M2) were shipped to the University of Sydney for analysis of trace metals, particle size, pollen and radiocarbon dating. New collaborative relationships with Cooke, a geochemist specialising in tracing industrial activities in ancient soils, enabled a high-resolution 1 cm interval ICP-MS analysis of cores C1. In core C1, both lead (Pb) and arsenic (As) exhibit clear increases up-core (Figure 7). Aluminium is commonly used as a geochemical proxy for catchment input, and when Pb is normalized to Al concentrations, there is a clear increase above ~145 cm depth, further indicating the presence of anthropogenic trace-metal pollution. While these concentration data are encouraging, there are well-recognized problems associated with the interpretation of concentration data. Fluctuations in sedimentation rates can dilute the flux of trace-metals and can obfuscate pollution histories. Therefore, precise AMS radiocarbon dating of the core is critical for identifying major trends in trace-metal accumulation rates and for relating these data to the scale of iron production during and after Preah Khan served as an industrial centre.

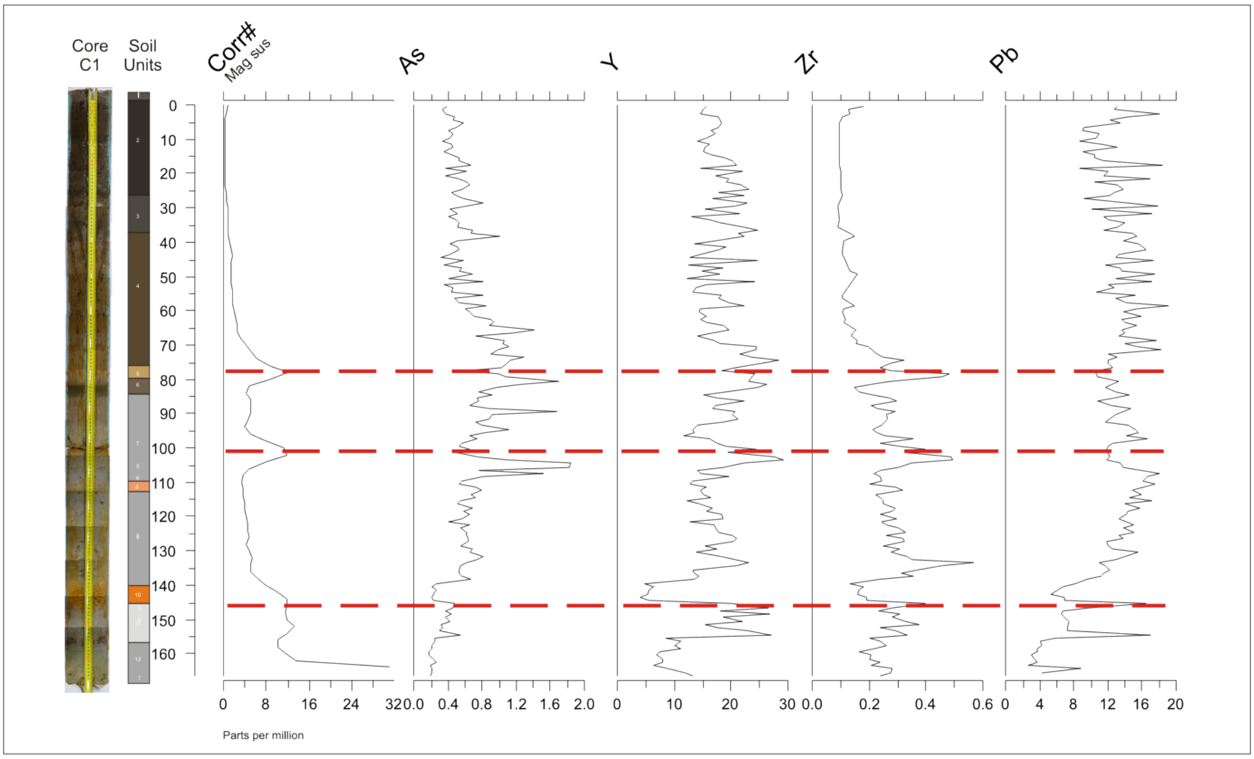


Figure 7. Comparison of stratigraphic and trace metal ratio changes in Core C1. Red lines indicate important peaks

Four samples of macroscopic plant remains from core C1 were submitted to Beta Analytic for Accelerator Mass Spectroscopy (AMS) radiocarbon dating. The measured date ranges (Figure 8) indicate a much shorter time span than expected (500+ years) and significant errors, specifically the 100-year old date in the middle of the core. Curiously, the oldest date corresponds to a period nearly two centuries after the temples were constructed in the city. Our interpretation of this confusing record is that the dates were from benthic plant macrofossils contaminated by recycled carbon uptake or the sample was contaminated by modern carbon during lab preparation. Core M1 posed further chronological problems as it was impossible to extract any organic matter to date the sediments.

Pollen grains, fern spores, micro and macro charcoal fractions, and other palaeo-ecological indicators are currently being extracted at regular intervals down the length of core C1. The results of these analyses will reveal patterns of forest clearance over time – which we presume reflects the waxing and waning of industrial fuel demand – and patterns of land-use change around and within the city over time. Of particular importance will be a quantitative reconstruction of micro-macroscopic charcoal fallout into the Baray over time, which can be used as a proxy for industrial activity, and potentially can reveal when industrial activity peaked and collapsed. This work is currently in process and will be completed in 2011.

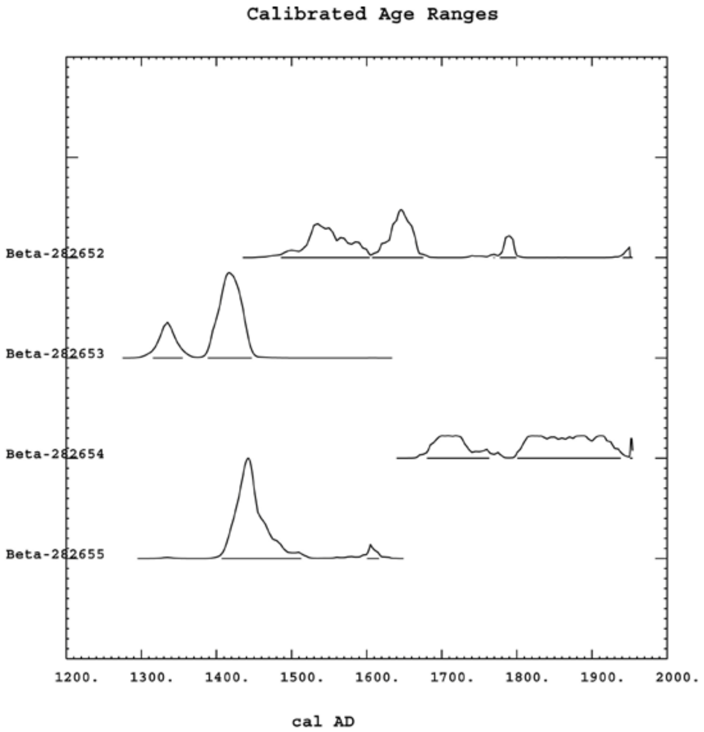


Figure 8. AMS calibrated dates from Core C1. Core sample depth (top to bottom) - 10-11 cm, 30-31 cm, 85-86 cm and 140-141 cm

Excavation

INDAP surveys conducted in January and February 2009 identified numerous slag concentrations along the north bank of Boeng Kroam, the 800 m long reservoir north of the central temple complex. Three distinct slag concentrations – Locations 1, 2, 3 – were noted for excavation as their positions (integrated into, outside, and on top of the bank) provide relative chronological relationships with the Angkorian period reservoir. Excavation was conducted at Location 1 to document the structure of the slag concentration, collect material for analysing iron production technology and obtain samples for dating the site. This work represents both the first excavation at Preah Khan and an Angkorian iron production site in Preah Vihear province.

Location 1 (Figure 9) contains two distinct slag concentrations (Mounds A and B) situated on the east side of the north bank. Mound A is approximately 15 m by 14 m and rises 2 m above the embankment. Based on its position on top of the embankment both mounds will post-date construction of the reservoir. Walking over the surface of Mound A it is covered with a dense layer of tuyères and slag. Volume estimates for Mound A based on total station surveys suggest over 130m^3 of iron slag and other metallurgical waste products. Two trenches at Location 1 (Figure 10) were excavated to determine the mound structure and obtain samples

for chronological and technological analysis. During excavation, 200 kg samples were collected at different levels to assess changing proportions of iron production materials within the slag concentration. Each 200 kg sample was weighed and sorted into the following categories: slag (tap, hearth), tuyères, other ceramic (including furnace wall), mineral, and matrix.

Figure 9. View of Mound A (background) towards the east

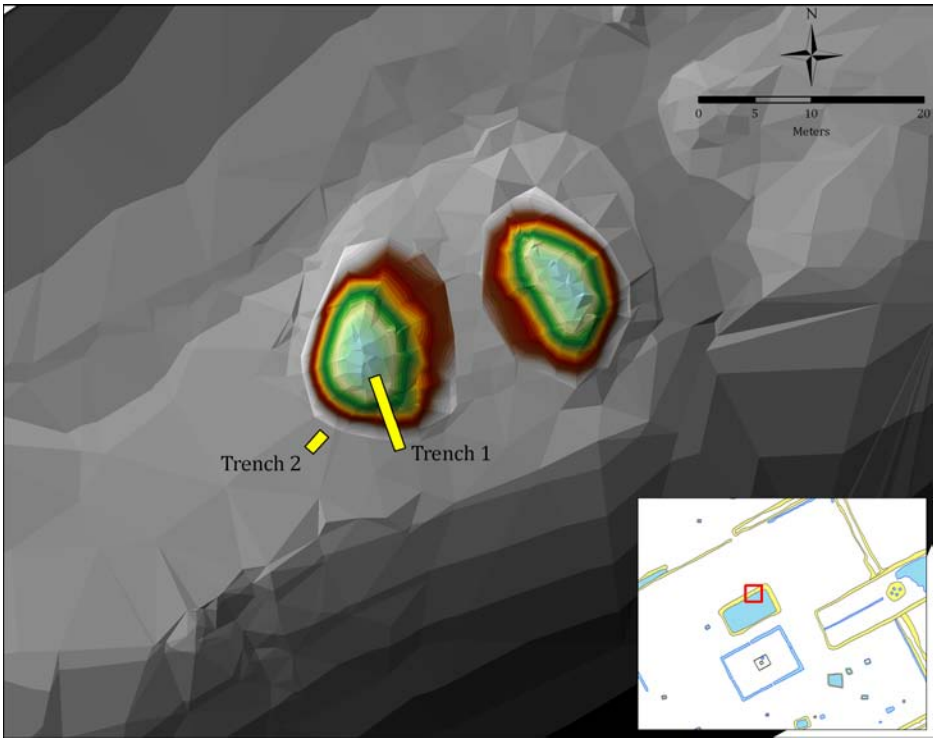


Figure 10. Topographic map of Boeng Kroam Location 1, showing position of trenches

Trench 1

A 1 x 7 m unit (Figure 11) was positioned over the southern half of the mound to provide a record of the deposit depth, number of smelting episodes and ratio of iron production materials (slag, technical ceramics). The trench was divided into 4 horizontal sections (A-D) and excavated in arbitrary levels of 10 cm and then 20 cm depths. Samples for technological analyses were only taken from Trenches 1A (1002 – 10-20 cm; 1004 – 50-60 cm; 1006 – 80-90 cm) and 1D (1002 – 10-20 cm).

At its highest point Mound A contains ~110 cm of iron production material deposited on top of the Boeng Kroam embankment (Figures 12-13). The metallogenic deposit consists of three distinct parts: an upper A Horizon layer mixed with slag and tuyères (1.001), a thick homogeneous layer of iron production material (1.002), and a burned basal layer (1.003). The embankment beneath this deposit consists of densely packed clays with no cultural material. No evidence of *in situ* furnace structures was identified in any layer and it is unclear if the burned layer resulted from the deconstruction and discard of superheated furnace material. Proportions of production material recorded in the three 200 kg samples (Figures 14-16; see Table 1) show little variation through and across the mound. Overall, the composition and proportions for Mound A fit with typical ratios of historic period iron production contexts (i.e., slag concentrations). This information will be incorporated in future technological analyses and estimations of overall site production at Preah Khan. Both the lack of visible furnace structure and relative proportions of material indicate that Mound A is a secondary deposit and not the smelting site. The most likely location for the furnace is between Mound A and B, however, further subsurface testing was not possible during this field season.

Figure 11. Trench 1. View to north.

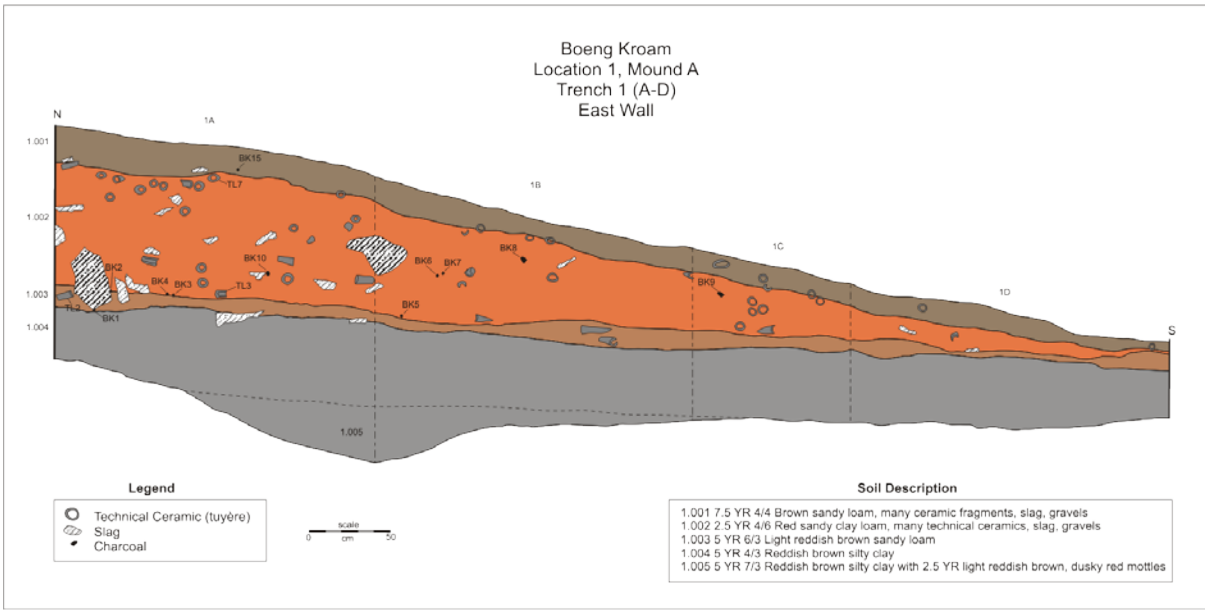


Figure 12. Trench 1. East wall section of Mound A.

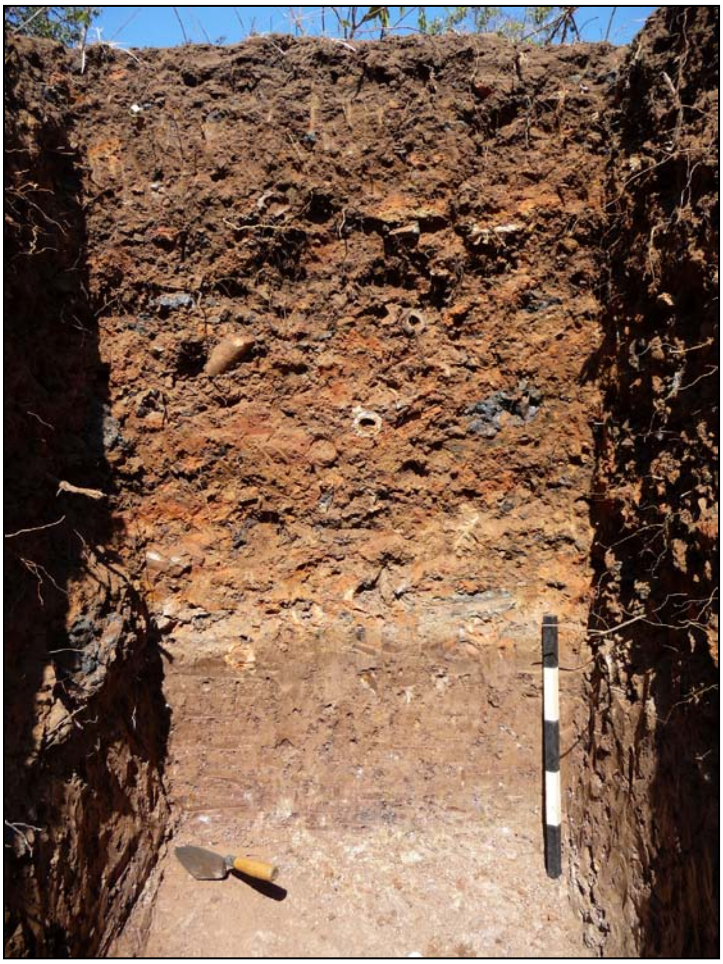


Figure 13. Trench 1A. North wall section of Mound A.

Figure 14. Examples of tap slags from Trench 1A-1002

Figure 15. Examples of technical ceramic (furnace wall) from Trench 1A-1002

Figure 16. Examples of mineral ore from Trench 1A-1002

Material	1A 1002	*Ratio*	1A 1004	Ratio	1A 1006	*Ratio*	1D 1002	*Ratio*
Slag	72	*36%*	65	33%	64	*32%*	63.5	*32%*
Tuyéres	17	*9%*	20.5	10%	15.5	*8%*	14	*7%*
Other ceramic	6.5	*3%*	6	3%	3	*2%*	7.5	*4%*
Mineral	8	*4%*	4	2%	2.5	*1%*	4.5	*2%*
Matrix	96.5	*48%*	104.5	52%	115	*58%*	110.5	*55%*

Table 1. Proportions of different iron production materials in 200 kg samples taken from Trenches 1A and 1D

Trench 2

A 1 x 2 m unit was positioned to the southwest of Mound A to identify whether the slag concentration continued into the embankment. By contrast with the loose structure of Trench 1, the soils in Trench 2 are dominated by hard-packed clays (see Figure 17). Iron production waste (charcoal, slag, technical ceramics) is apparent in the upper 20 cm (2.001 and 2.002), in particular toward the east end of the trench. Beneath this cultural layer, the matrix is mixed with stone fragments (2.003 and 2.004), and a dense concentration of this material was identified in the southwest corner of 2.004. The basal layers are densely-packed, sterile clays.

The low density of iron production waste and the fact that it concentrates closest to Mound A suggest the cultural material is the product of erosion or tertiary deposition. Detailed interpretation of the lower levels of Trench 2 is complicated by the construction sequence of the embankment itself, which would have involved re-deposition of earth taken from the current tank of Boeng Kroam. This construction technique explains the presence of dense clays – likely the basal levels of the reservoir – found on the top of the bank. The stone fragments may be the result of human activity but could just as easily be natural.

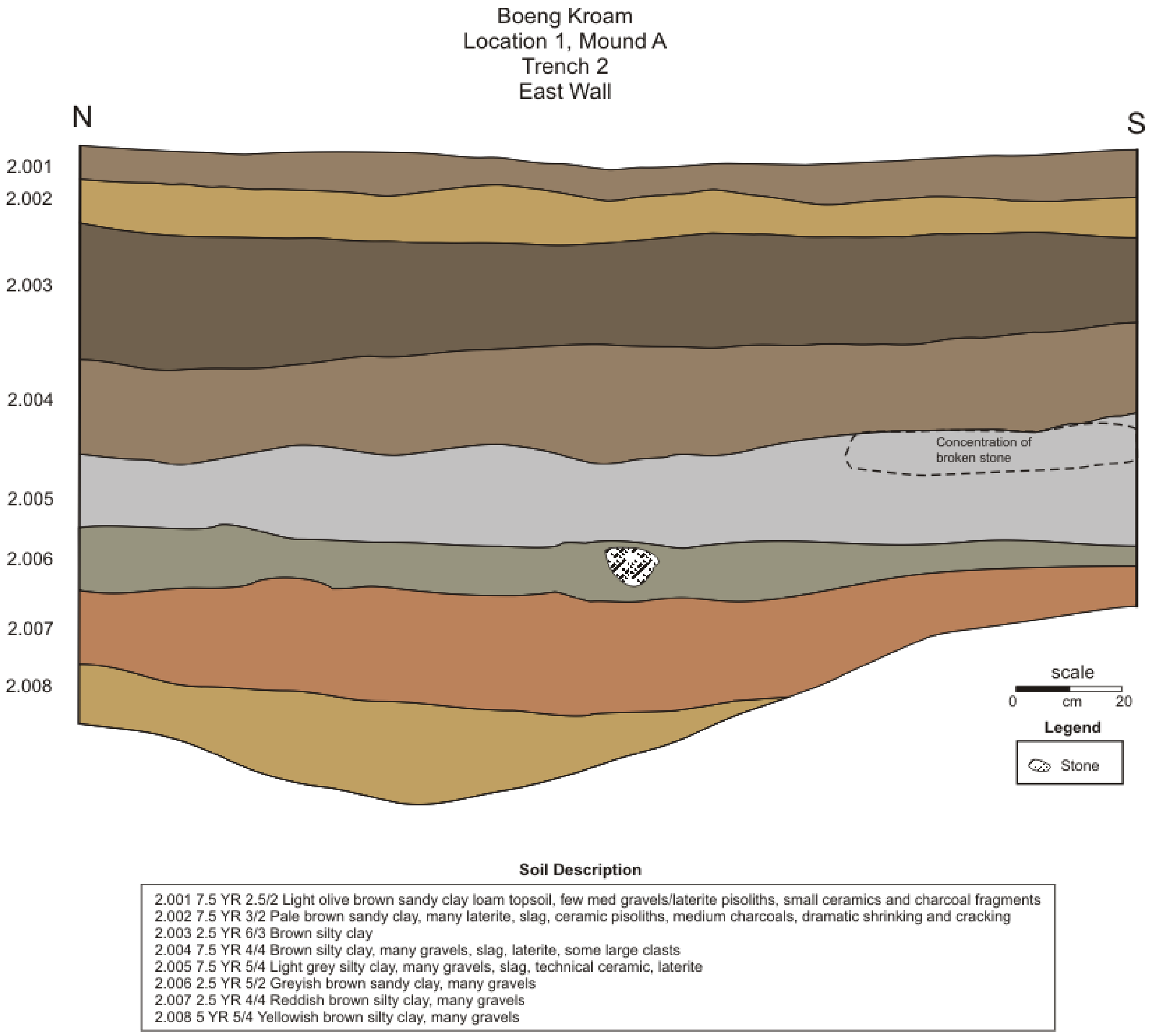


Figure 17. Trench 2. East wall section.

Chronology

The date of Boeng Kroam is attributed to the Angkorian period (~late 10th to 12th century) based on its shape, structure and relationship to temples such as Prasat Boeng Sre and the central temple enclosure. Since Mound A (and B) at Location 1 is on top of the mound it clearly post-dates construction of the reservoir. As discussed above, the cultural deposit of Trench 1 lacks significant stratigraphic boundaries and is therefore interpreted to be the product of a short time span of iron production. To determine when Mound A was actually formed, seven charcoal samples collected from Trench 1 were submitted to the Australian Nuclear Science Technology Organisation for AMS ^{14}C dating (Table 2). Comparison of the summed and aggregate probabilities (Figure 18) for the resulting dates indicates that the iron smelting that resulted in Mound A occurred during the first half of the 15th century. Overall, the temporal clustering of the radiocarbon dates and general homogeneity within the wall sections points to short-term or perhaps single season smelting at this location. Thermoluminescence dating of tuyères collected next to measured ^{14}C samples is currently being undertaken at the University of Washington.

Lab ID	Sample ID	Depth (cm)	Conventional ^{14}C Age (BP)		Calibrated Age (cal AD) *								
			Value	1•	from	to	%	from	to	%	mean	sigma	median
OZM629	INDAP-BK15	14	470	31	1424	1446	68.2	1408	1460	95.4	1435	16	1435
OZM626	INDAP-BK12	19	335	31	1491	1634	68.3	1473	1641	95.4	1557	50	1561
OZM624	INDAP-BK8	24	381	34	1450	1618	68.2	1442	1633	95.4	1526	60	1506
OZM628	INDAP-BK14	78	454	35	1422	1455	68.2	1409	1607	95.4	1447	31	1442
OZM625	INDAP-BK11	80	247	32	1636	1952	68.3	1521	1955	95.4	1690	104	1658
OZM623	INDAP-BK1	114	459	33	1425	1450	68.2	1409	1477	95.4	1441	23	1439
OZM627	INDAP-BK13	116	542	35	1326	1427	68.2	1310	1439	95.4	1382	39	1400

Table 2. AMS 14C radiocarbon dates for Trench 1, Mound A.

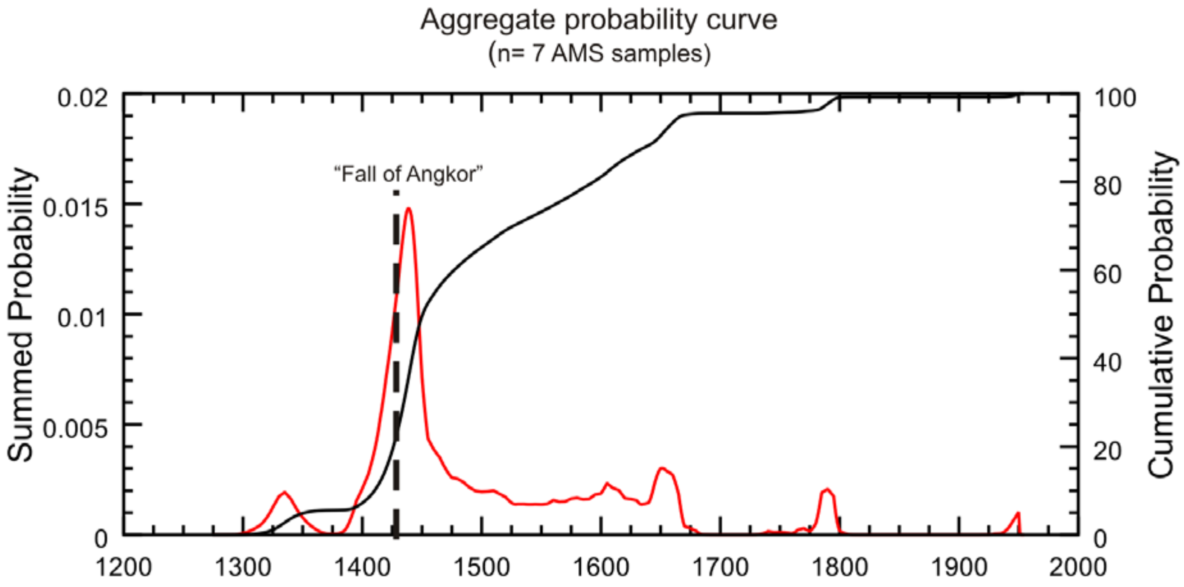


Figure 18. Summed and aggregate probability of AMS ^{14}C dates from Trench 1.

Artefact Analysis: Tuyère Measurements

Tuyères collected from each 200 kg sample (see Figures 19-21) were measured to establish the range of formal variation within the Mound A assemblage. Comparison of mean diameter and bore size (Figure 22) shows a tight clustering within the excavated sample. Based on the short chronology presented above, the 'thick and short' tuyères may be a temporally diagnostic marker of iron technology used during the 15th century. Technological and sourcing analyses are currently being completed on slag, technical ceramic, ore and tuyère from this field campaign to determine whether the ores used at Boeng Kroam originates from Phnom Dek.

Figure 19. Tuyères from Trench 1A 1002.

Figure 20. Tuyères from Trench 1A 1004.

Figure 21. Tuyères from Trench 1D 1002.

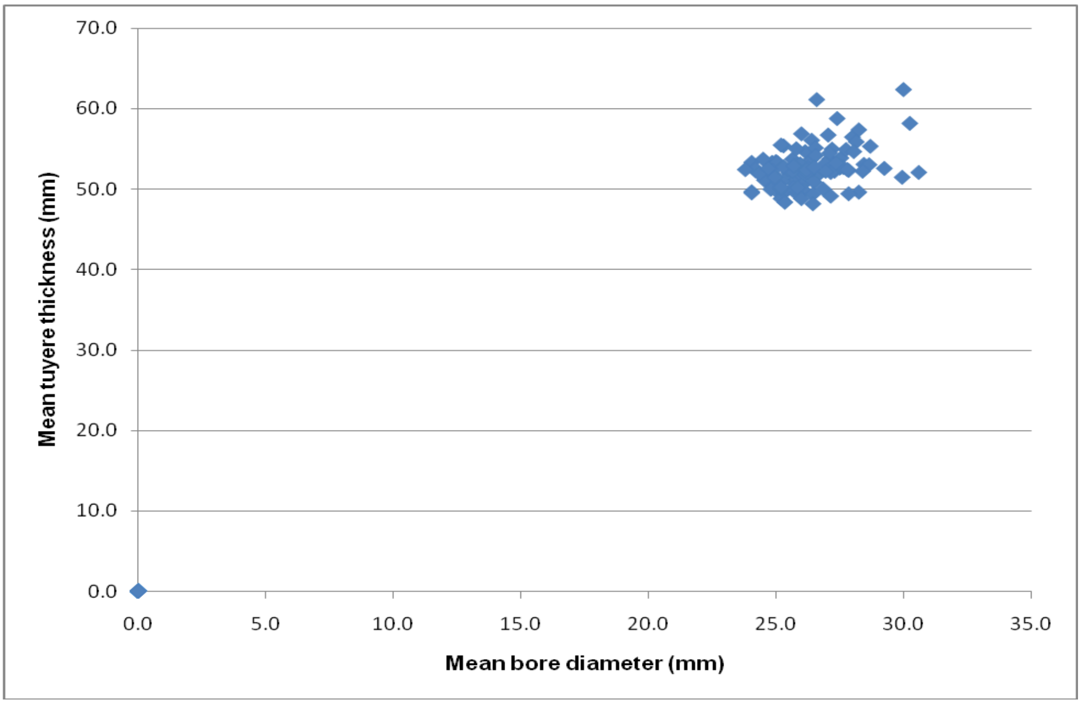


Figure 22. Comparison of mean bore diamater and thickness of tuyères recorded from Trench 1, Mound A.

Discussion

The December 2009 field season provided new insights into the structure and history of Preah Khan and its role as an industrial centre. Using remote sensing and ground surveys, INDAP identified important structural differences of the city, specifically the presence of breaks within the 22 km long 4th enclosure wall. While this raises questions about its defensive capability, the lack of dense settlement beyond the wall supports the idea that the Khmer were creating an elite space that was not generally accessible. This adds credence to the hypothesis that Preah Khan was producing or controlling an important commodity (most likely iron) required by Angkor and its provincial centres.

Research at the Baray has provided baseline data on its history and the presence of localised air pollution in the sedimentary record. It appears that the Khmer modified a pre-existing water body to create their rectilinear reservoir. Clear stratigraphic transitions and geochemical trends are visible, however further interpretation is hampered by ^{14}C dating problems. Resubmission of different carbon samples will enable correlation of these peaks while completion of pollen analysis will provide us with a quantitative record of environmental changes caused by settlement and industrial activities.

Excavation at Location 1 on Boeng Kroam represents the first subsurface investigation completed within Preah Khan. This work provided information about the nature of the slag concentration in Mound A and also the structure of the embankment. Based on these results, Mound A is not a primary smelting site but represents a secondary deposition of material from a nearby furnace. In combination with Trench 2, it is apparent that Mound A post-dates construction of the embankment. Both the stratigraphic record and radiocarbon dates supported a short period of iron production at this location. The homgeneity of tuyère measurements from Mound A may therefore act as a temporal proxy, however, larger samples from well-dated sites are required. A more intriguing result is that the radiocarbon dates from Mound A support iron smelting in the city long after the last masonry structure was completed. Evidence of slag concentrations within dykes and beneath temples in Preah Khan shows that iron smelting occcurred prior to the construction of many temples visible today within the city. At this stage, we can posit that iron production at Preah Khan ranges from at least the 11th to 15th centuries, and it is likely that this history will expand greatly as research continues. On a regional scale, this data indicates that iron was being produced at Preah Khan at the same time as the supposed historic abandonment of Angkor in 1431.

References Cited

Aymonier, Etienne

1900 *Le Cambodge: I. Le royaume actuel*, Volume 1. Paris, Ernest Leroux, 477 p.

Coedès, George

1964 *Inscriptions du Cambodge (vol. 7)*. Paris, BEFEO.

Cunin, Olivier

2004 *De Ta Prohm au Bayon. Analyse comparative de l'histoire architecturale des principaux monuments du style du Bayon*, Architecture, L'Institut National Polytechnique de Lorraine, 482 p.

Delaporte, Louis

1999 [1880] *Voyage au Cambodge. L'architecture Khmer*. Paris, Maisonneuve et Larose, 462 p.

Evans, Damian

2007 *Putting Angkor on the Map: A New Survey of a Khmer 'Hydraulic City' in Historical and Theoretical Context*, Archaeology, University of Sydney, 245 p.

Groslier, Bernard P.
1973 Les Inscriptions du Bayon. In *Le Bayon*, EFEO, Paris.
Hendrickson, Mitchel
2007 *Arteries of Empire: An operational study of transport and communication in Angkorian Southeast Asia (9th to 15th centuries CE),* Unpublished PhD, Department of Archaeology, University of Sydney.
Jacques, Claude
2007 The historical development of Khmer culture from the death of Suryavarman II to the 16th century. In *Bayon: New Perspectives*, J. Clark, ed, River Books, Bangkok, p. 28-49.
Jacques, Claude, and Philippe Lafond
2004 *L'Empire Khmer. Cités et sanctuaires Vth-XIIIth siècles*. Paris, Fayard, 400 p.
Kern, H.
1880 "Inscriptions cambodgiennes: Inscription de Prea-Khan (Kompong Soai)", *Annales de l'Extrême-Orient*, 2(23), p.333-341.
Living Angkor Road Project
2008 Living Angkor road project. Phase II Progressive Report, October 2007-March 2008. Bangkok: Chulachomklao Royal Military Academy and Silpakorn University.
Lunet de Lajonquière, Étienne
1902 *Inventaire Descriptif des Monuments du Cambodge*, III vols, Volume I. Paris, Ernest Leroux.
Mauger, Henri
1939 "Prah Khan de Kompon Svay", *BEFEO*, 39(2), p.197-220.
Penny, D., C. Pottier, R. Fletcher, M. Barbetti, D. Fink, and Q. Hua
2006 Vegetation and land-use at Angkor, Cambodia: a dated pollen sequence from the Bakong temple moat. *Antiquity* 80(309): 599-614.
Phann, Nady, and Narong Chrin
2007 Groupe de Preah Khan (Bakan) de Kampong Svay. *In* Carte archéologique du Cambodge. MCBA-EFEO, ed. Phnom Penh: Commission Nationale du Cambodge pour l'UNESCO.
Pottier, Christophe
1999 *Carte Archaeologique de la Region d'Angkor. Zone Sud*, Unpublished Ph.D, Sorbonne Nouvelle (UFR Orient et Monde Arabe), UFR Orient et Monde Arabe, Universite Paris III - Sorbonne Nouvelle, 3 Vols.
Sharrock, Peter
2009 "Garuda, Vajrapani and Religious Change in Jayavarman VII's Angkor", *Journal of Southeast Asian Studies*, 40(1), p.111-151.
Stern, Philippe
1965 *Les Monuments Khmer du Style du Bàyon et Jayavarman VII*, Volume 11. Paris, Presses Universitaires de France, p.
Tissandier, M. Albert
1896 *Cambodge et Java. Ruines Khmères et Javanaises 1893-1894. Texte et dessins*. Paris, G. Masson, 160 p.